

EXACTA mente

La revista de
divulgación
científica

Ecología

Cambio climático
y ecosistema
antártico



Geología

Red de volcanes
para anticipar
la erupción



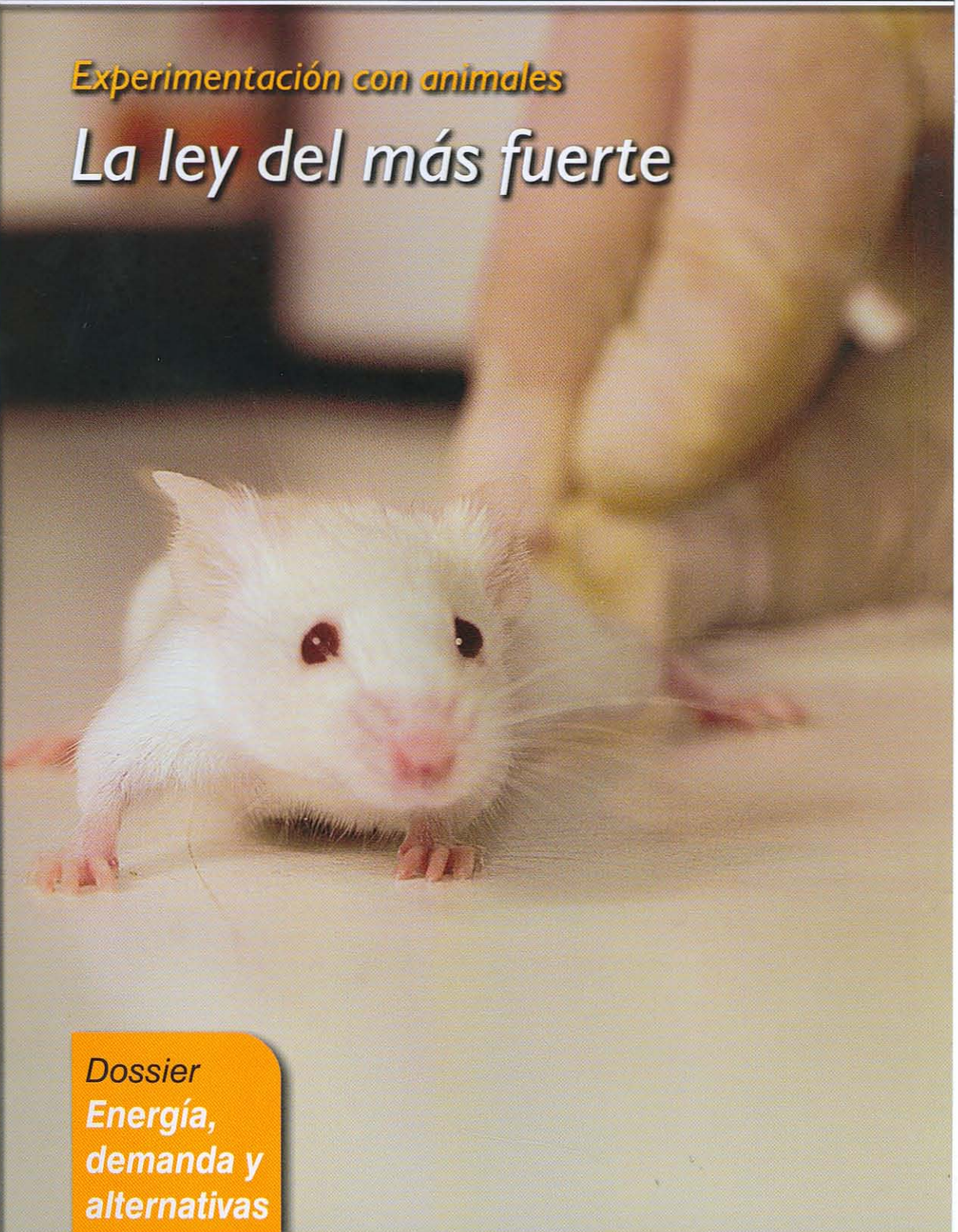
Actualidad

Pasteras: se
podrá saber si
contaminan



Experimentación con animales

La ley del más fuerte



Dossier
**Energía,
demanda y
alternativas**

ISSN 1514-920X



9

771514 920009 00038



Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

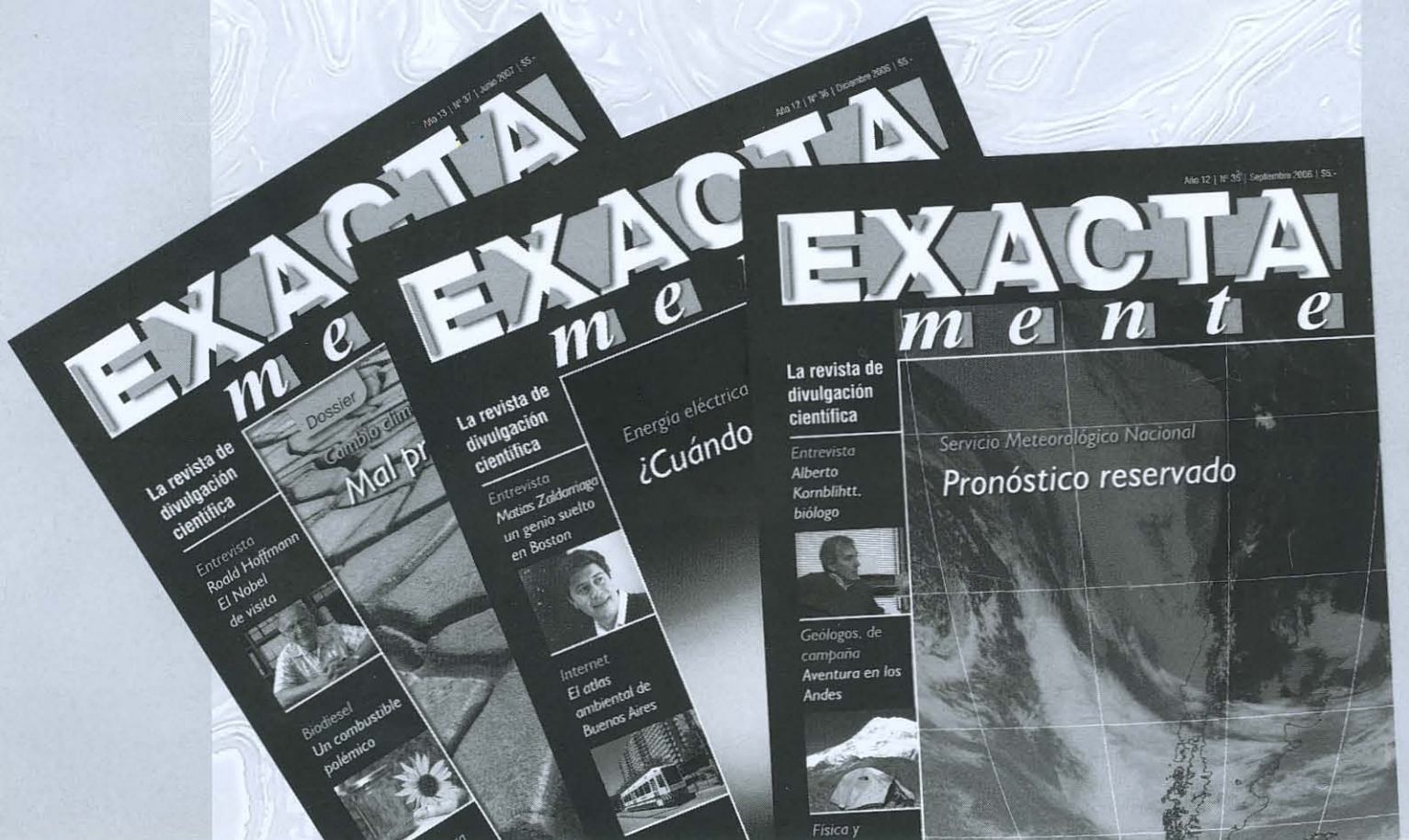
EXACTA *m e n t e*

Querés tener EXACTamente.
Pero Ciudad Universitaria te queda lejos.
¿Entonces?

EXACTamente se acerca a vos

Ahora podés encontrarla en los kioscos de revistas de la Ciudad de Buenos Aires y zona de influencia así como en los locales de EUDEBA.

Para más información, escribí a revista@de.fcen.uba.ar



Consejo editorial

Presidente

Jorge Aliaga

Vocales

Sara Aldabe Bilmes
Guillermo Boido
Guillermo Durán
Pablo Jacovkis
Gregorio Klimovsky
Marta Maier
Silvina Ponce Dawson
Juan Carlos Reboresda
Celeste Saulo
José Sellés-Martínez

Staff

Director

Ricardo Cabrera

Editor

Armando Doria

Jefe de redacción

Susana Gallardo

Redactores

Cecilia Draghi
Gabriel Stekolschik

Colaboradores permanentes

Pablo Coll
Guillermo Mattei
Daniel Paz
Gustavo Piñeiro

Colaboran en este número

Carlos Borches
Guillermo Boido
Paula Crámer
Gregorio Klimovsky
Mercedes Pérez Recalde
Gabriel Rocca
José Sellés-Martínez

Diseño gráfico

Pablo Gabriel González

Fotografía

Juan Pablo Vittori
Paula Bassi
Diana Martínez Llaser

Impresión

Centro de Copiado "La Copia" S.R.L.

EXACTAMENTE

es propiedad de la Facultad de
Ciencias Exactas y Naturales
de la UBA. ISSN 1514-920X
Registro de propiedad
intelectual: 28199

UBA-Facultad de Ciencias Exactas y
Naturales.

Secretaría de Extensión, Graduados
y Bienestar.

Ciudad Universitaria, Pabellón II,

C1428 EHA Capital Federal.

Tel.: 4576-3300 al 09, int. 464,

4576-3337, fax: 4576-3351.

E-mail: revista@de.fcen.uba.ar

Página web de la FCEyN:

<http://exactas.uba.ar>

Los artículos firmados son de
exclusiva responsabilidad de
sus autores. Se permite su
reproducción total o parcial
siempre que se cite la fuente.

EDITORIAL

Exactas con la sociedad

Es indudable que la universidad debe desarrollar actividades docentes de calidad tanto en el grado como en el posgrado. También debe realizar investigación comparable con los mayores niveles internacionales. Pero con esto no alcanza. Debe realizar también actividades de extensión y transferencia de conocimiento, tecnología e innovación al sector público y privado.

La extensión universitaria se entiende como un proceso comunicacional, educativo y cultural que articula la enseñanza y la investigación y viabiliza una relación transformadora entre universidad y sociedad. Hasta el año 2005, nuestra Facultad no tenía un marco institucional que apoyara estas actividades. Se creó entonces en Exactas el programa de subsidios para proyectos de extensión universitaria que se desarrollen y formulen desde nuestro ámbito, denominado "Exactas con la Sociedad". En la convocatoria 2006 se recibieron 29 proyectos, que fueron evaluados por la Comisión conformada por académicos de gran experiencia en el tema, como lo son Noemí Bordoni, María Felicitas Elías y Diego Golombek. Doce proyectos fueron financiados por un total de 88 mil pesos. Recientemente, el 8 y 9 de noviembre, se realizaron las primeras jornadas de extensión en la Facultad, donde investigadores y docentes de nuestra Universidad y de otras universidades nacionales presentaron sus proyectos de extensión en ejecución. También hubo lugar para talleres y charlas-debate. Los asistentes pudieron conocer las diversas actividades que se están desarrollando, muchas de ellas con impacto directo sobre los sectores de la sociedad más desfavorecidos. Como evaluación, podemos decir que la iniciativa ha sido exitosa y que con la experiencia recogida se realizará a principios de 2008 la segunda convocatoria de subsidios de este programa.

También es fundamental que el conocimiento científico que se crea en la Facultad se aplique tanto a la solución de problemas que demanden los organismos oficiales como la transferencia al sector productivo. En este punto, Exactas ha aprovechado las buenas condiciones que se han generado en los últimos años y ha fortalecido sus actividades de transferencia. Pero también ha prestado especial atención a los requerimientos de entes oficiales que se han acercado a buscar soluciones. Un ejemplo reciente de esto ha sido la respuesta generada a partir de una solicitud de intervención de la intendencia de Gualeguaychú, en relación con la instalación de la pastera Botnia sobre la costa uruguaya.

En mayo de 2006, el intendente de esa localidad, Daniel Irigoyen, recurrió a nosotros en busca de asesoramiento científico a través de un nacido y criado en esa ciudad, el geólogo Héctor Ostera, profesor de Exactas. La Facultad convocó a un equipo interdisciplinario conformado por docentes-investigadores de Geología, Biología, Química y Ciencias de la Atmósfera, que, coordinados por Ostera, trabajó silenciosamente durante más de un año y determinó la denominada "línea de base" del río (ver página 44). El trabajo realizado es el único estudio completo que permitirá en el futuro evaluar con rigor científico las consecuencias de Botnia en el mediano y largo plazo. Y es un excelente ejemplo de cómo la investigación básica de primer nivel se aplicó para dar respuesta científica a un problema nacional concreto.

Jorge Aliaga
Decano de la Facultad de
Ciencias Exactas y Naturales

**ECOSISTEMAS****6**► **Cadena alimentaria, en peligro**

En la Antártida, el calentamiento global ya está afectando a ciertos miembros del zooplancton. Se trata de los tunicados, que filtran y concentran partículas orgánicas minúsculas, y así fabrican comida "enlatada" para muchos otros organismos.

**ARQUEOGEOFÍSICA****10**► **Desenterrando el pasado**

Arqueólogos y físicos trabajan en equipo para desentrañar el ayer. En la Argentina ya han colaborado en la detección de estructuras enterradas en un enclave fundado por la corona española en el siglo XVIII, en Santa Cruz.

**LABORATORIO****14**► **La ley del más fuerte**

En las últimas décadas, los países desarrollados dictaron normas que permitieron reducir el uso de animales para investigación. La Argentina carece, todavía, de legislación al respecto.

► **INVESTIGACIÓN****18****Premios Innovar 2007**

Entre más de 1600 participantes, dos trabajos de científicos de Exactas fueron premiados en el Concurso Nacional de Innovaciones 2007 que organiza la Secyt.

► **EPISTEMOLOGÍA****21**► **¿Qué es una explicación científica? Segunda parte**

Hay fenómenos que no pueden explicarse mediante leyes universales, sino sólo por leyes estadísticas, en especial, en disciplinas como la sociología y algunas áreas de la biología o la biomedicina.

**DOSSIER****22****Energía**► **Generación H**

El tiempo de los combustibles fósiles llega a su fin. Entre las energías renovables, el hidrógeno parece el mejor posicionado.

¿Es posible emular al Sol?

- Actualmente hay importantes inversiones en un proyecto de fusión nuclear. Pero hay dudas sobre las posibilidades reales de concretarlo.

¿Cuánto consumiremos?

- Si no se toman medidas de ahorro, la demanda de electricidad se duplicará en unos diez años, y la de gas natural, en veinte años, según pronostica un físico de Exactas.

**PREGUNTAS****32**

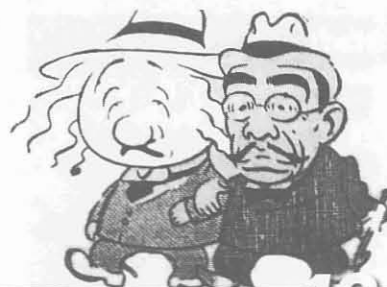
- En este número explicamos cómo es el manto terrestre, capa que está debajo de la corteza. También indagamos cómo se las arregla el ser humano con apenas 30 mil genes mientras que un humilde gusano tiene unos 20 mil.

**GEOLOGÍA****34**► **Volcanes en red**

El Copahue, el Lanín y el Decepción son seguidos de cerca por investigadores nacionales, en conjunto con proyectos internacionales, para saber cómo funcionan y poder así anticiparse a una erupción. El próximo objetivo es incluir el Peteroa, ubicado al sur de Mendoza.

NOBEL**38**► **Ratones mutantes, miniaturización y química de superficies**

En medicina, el premio fue para quienes lograron introducir modificaciones genéticas en ratones mediante células madre embrionarias; en química, se premiaron las contribuciones al estudio de procesos químicos en superficies sólidas; y en física, el hallazgo que permitió discos rígidos más chicos y con mayor memoria.

**HISTORIA****42**► **El humor es algo serio**

Existe una importante colección de humor gráfico vinculado a la Universidad. En los diarios o en las revistas estudiantiles, fueron apareciendo viñetas y caricaturas que reflejaban las preocupaciones del mundo universitario, o la mirada que los humoristas tenían del acontecer académico.

**ACTUALIDAD****44**► **Los fiscales de la contaminación**

La Facultad de Exactas trabaja desde hace un año en la determinación del estado actual del río Uruguay y su entorno. Estos datos permitirán corroborar si la actividad de la pastera Botnia contamina la zona. Un convenio firmado con el municipio de Gualguaychú da marco a esta asistencia científica.

MICROSCOPIO**46**

- Novedades, hallazgos y noticias del ámbito científico e institucional.

BIBLIOTECA**48**

- Los libros que se ocupan de explicar la ciencia al público o a reflexionar a fondo sobre la búsqueda del conocimiento.

VARIEDADES**50**

- Las clases del maestro Ciruela. En este número, el peccerismo



Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Nuestro compromiso con la ciencia y la educación, nuestro compromiso con la sociedad



Tecnología de Alimentos



Ciencias Biológicas



Ciencias de la Atmósfera



Ciencias de la Computación



Ciencias Físicas



Ciencias Geológicas



Ciencias Matemáticas



Ciencias Químicas



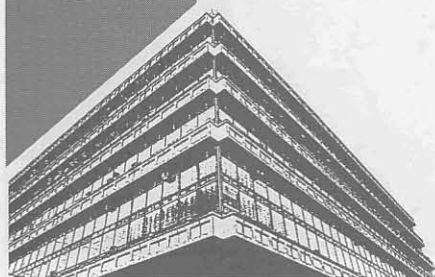
Oceanografía



Paleontología



EXACTAS
UBA



Ciudad Universitaria

Pabellón II

Capital Federal

exactas.uba.ar

Cambio climático y ecosistema antártico

Pequeños "enlatadores" marinos

Por Susana Gallardo | sgallardo@de.fcen.uba.ar



En la Antártida, el calentamiento global ya está afectando a esos pequeños seres que flotan en el mar y cumplen funciones muy importantes en la cadena alimentaria. Se trata de los tunicados, que filtran y concentran partículas orgánicas minúsculas, y así fabrican comida "enlatada" para muchos otros organismos.

La vida en el mar, al igual que sobre la superficie terrestre, depende de un delicado equilibrio. Unos organismos se alimentan de otros, pero lo importante es que no se corte ningún eslabón de la cadena. En tal sentido, si los más pequeños se encuentran afectados por algún factor, los demás miembros de la cadena sufren las consecuencias.

Precisamente, en la actualidad, los efectos del calentamiento global se están haciendo sentir sobre el plancton de los mares antárticos, y esto puede dejar sin alimento a otros seres vivos, entre los que se encuentran los peces, las aves y algunos mamíferos como las ballenas o los lobos marinos. El plancton —que deriva del griego vagar, flotar— abarca un gran conjunto de organismos, vegetales y animales, adaptados a vivir flotando o nadando suavemente en las aguas oceánicas.

Un equipo de investigadores de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) en el que participan biólogos de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), todos dirigidos por la doctora Graciela Esnal, profesora en la FCEyN, estudia en detalle un conjunto de organismos que son miembros activos del zooplancton. Se trata de los urocordados, o tunicados, parientes de los vertebrados y, por lo tanto, ancestros (aunque lejanos) del *Homo sapiens*.

Estos seres pueblan las aguas de todos los océanos del planeta, aunque por lo general son más abundantes en aguas costeras, hasta los 100 metros de profundidad, sobre todo porque en esta zona iluminada se encuentra la mayor concentración de alimento, el fitoplancton, plancton vegetal, que necesita de la luz solar para realizar la fotosíntesis. Algunos miembros de la familia flotan; otros, en cambio, se encuentran fijos en el fondo.

El nombre de urocordados se debe a que las larvas de estos organismos poseen en la cola una cuerda dorsal (atisbo de columna o espina vertebral), denominada notocorda. Esto es precisamente lo que los emparenta con los vertebrados.

“Estos organismos tienen un sistema muy particular, tal vez único en el reino animal, de obtener su alimento”, explica Graciela Esnal. El hecho es que segregan estructuras filtradoras que los rodean o que se encuentran dentro de la faringe, y que, a la manera de una red de pesca, filtran del agua las partículas orgánicas (pequeñas algas unicelulares) que les sirven de alimen-

to. De esta manera, los tunicados filtran e ingieren células de fitoplancton de un diámetro inferior a los veinte micrometros —veinte milésimas de milímetro— y hasta de décimas de micrometro, que se conocen como nanoplancton.

“A estas partículas, por ser tan pequeñas y estar dispersas, son muy pocos los animales que pueden capturarlas”, indica Esnal, y agrega: “En cambio los tunicados, gracias a sus filtros, pueden hacerlo sin inconveniente”.

El hecho es que el derretimiento de los hielos y el aumento de la temperatura de las aguas están produciendo modificaciones en las poblaciones de estos organismos, lo que genera un fuerte impacto en el ecosistema, señala la investigadora, y también destaca que todas las investigaciones que su grupo realiza en la Antártida han podido realizarse gracias al apoyo permanente del Instituto Antártico Argentino.

El problema es que la abundancia de salpas con ausencia completa del krill tiene implicaciones importantes en el ecosistema, y puede producir perjuicios en la pesca.

Las transparentes salpas

Suspendidas en el agua, las salpas nadan en forma individual, o agrupadas en cadenas. Y tienen una relación especial con el krill en el Atlántico Sur, pues, como ambos compiten por el mismo alimento, se alternan en la hegemonía. Esta alternancia depende, entre otros factores, de la mayor o menor presencia de hielo marino durante el invierno. La abundancia de hielo favorece al krill. Por un lado, lo protege de los predadores: las larvas necesitan sobrevivir a su primer invierno para poblar las comunidades de adultos en el verano siguiente. Pero en los últimos años, las temperaturas más cálidas han hecho que la cobertura de hielo fuera mucho menor en extensión en el invierno y, de este modo, favorecieron a las salpas, que toleran aguas más cálidas que el krill.

La parte occidental de la península antártica es uno de los lugares del mundo donde aumenta la temperatura con mayor rapidez, y la duración del hielo marino en

ese sector cada vez es más breve. Además, la temperatura en el mar profundo ha aumentado.

En consecuencia, según afirman los investigadores, la disminución de una especie de altas latitudes y altos requerimientos de alimento (como el krill) ha dado lugar a especies de latitudes más bajas y requerimientos alimenticios menos exigentes.

Hay evidencias de que las poblaciones de salpas están aumentando en los océanos del sur, áreas donde tradicionalmente dominaba el krill. Para los investigadores, esto puede ser un resultado del calentamiento global. El problema es que la abundancia de salpas con ausencia completa del krill tiene implicaciones importantes en el ecosistema, y puede producir perjuicios en la pesca.

Pero en las zonas costeras, el derretimiento de los hielos continentales les está jugando una mala pasada a todos. “En verano, el agua de mar se ve marrón por los sedimentos que los ríos de deshielo arrastran hacia la costa”, relata la doctora Verónica Fuentes, investigadora de la FCEyN. La excesiva cantidad de sedimento produce la muerte de las salpas y también del krill.

Los investigadores describieron una mortandad masiva de salpas en las costas de la península Antártica e intentaron encontrar las causas del evento. “Vimos que los sedimentos se acumulan en el aparato digestivo de estos organismos y producen un taponamiento que los lleva a la muerte”, explica Fuentes, becaria postdoctoral del Conicet, y subraya: “Encontramos millones de ellos, varados en la costa, a lo largo de varios kilómetros”.

Los investigadores recolectaron salpas y determinaron que habían muerto por asfixia. “También se ahogan cuando hay mucho alimento, por ejemplo, abundante fitoplancton”, aclara la doctora Esnal, que también es investigadora del Conicet.

En cuanto al krill, Fuentes señala: “Al estar en un ambiente con mucho sedimento, se afecta su capacidad de filtración, se vuelven débiles y, sumado a la baja salinidad del agua, también provocada por el derretimiento, terminan por morir en masa”.

Esta mortandad no sólo deja sin víveres a los que se alimentan directamente de estos organismos (y la mayoría no se los comen si están muertos), sino también a aquellos que prefieren la comida enlatada. El he-

cho es que el krill, al igual que las salpas, produce paquetes fecales que sirven de alimento a diversos organismos.

Bombas de extracción de carbono

Las salpas cumplen una importante función ambiental. "Son como una bomba de extracción de carbono de la atmósfera", destaca Esnal. Dado que consumen fitoplancton, incorporan el carbono y lo exportan hacia el fondo en sus paquetes fecales. Además, cuando mueren, también sus cuerpos se van al fondo del mar donde se conforma un depósito de carbono.

En cuanto a su forma de reproducción, las salpas son muy particulares. Como la mayoría de los tunicados, son hermafroditas: cada individuo produce gametos de ambos sexos, que se unen para dar lugar a la descendencia. Pero los individuos que nacen de huevos son asexuados, y se multiplican por brotación. Es decir, una generación se reproduce en forma sexual y la siguiente, en forma asexual. Lo importante es que la brotación genera un aumento muy grande de la población.

"Cada salpa que se reproduce por brotación da lugar a unos 800 individuos", explica la doctora Cristina Daponte, docente en la FCEyN, que estudia la reproducción de estos organismos.

Enlatadores de alimentos

Otros miembros de la familia de los tunicados son las apendicularias que, al igual que las salpas, flotan en el agua como velos transparentes, y también son filtradores de alimento.

Estos organismos poseen una cola con la cual crean corrientes de agua que les permiten concentrar las pequeñas partículas. Los otros miembros de la familia de tunicados (salpas y ascidias) mantienen esta cola sólo en el estado larvario, pero la pierden al llegar a la etapa adulta.

Como latas de conserva flotantes, las cápsulas abandonadas son paquetes concentrados de fitoplancton, y representan una rica fuente de alimento para muchos organismos.

Las apendicularias construyen una especie de habitáculo, que consiste en un globo de sustancia mucosa, equipado con filtros muy finos que concentran el alimento. Esta cápsula, con sus filtros intrincados y sus redes en miniatura, "es una de las más complejas estructuras externas fabricadas por organismo alguno, excepto el hombre", destaca Esnal.

El agua, impulsada por los movimientos de la cola, entra en la cápsula por dos aberturas, y pasa por unos filtros muy finos donde quedan retenidas las minúsculas partículas de fitoplancton. Luego, éstas son aspiradas por la boca. Por otra parte, estos organismos tienen la capacidad de regular el ritmo de entrada de agua a la cápsula, y en consecuencia el ritmo de filtrado, en relación con la concentración de partículas. Aumentan el ritmo cuando la concentración es más baja.

Las apendicularias poseen el aspecto de un renacuajo, con un tronco en forma de huevo y una cola flexible, fina y achata-da como la hoja de un cuchillo. El tronco tiene unos pocos milímetros de largo, y la casa, el tamaño de un garbanzo o una cáscara de nuez o mayor, según las especies.

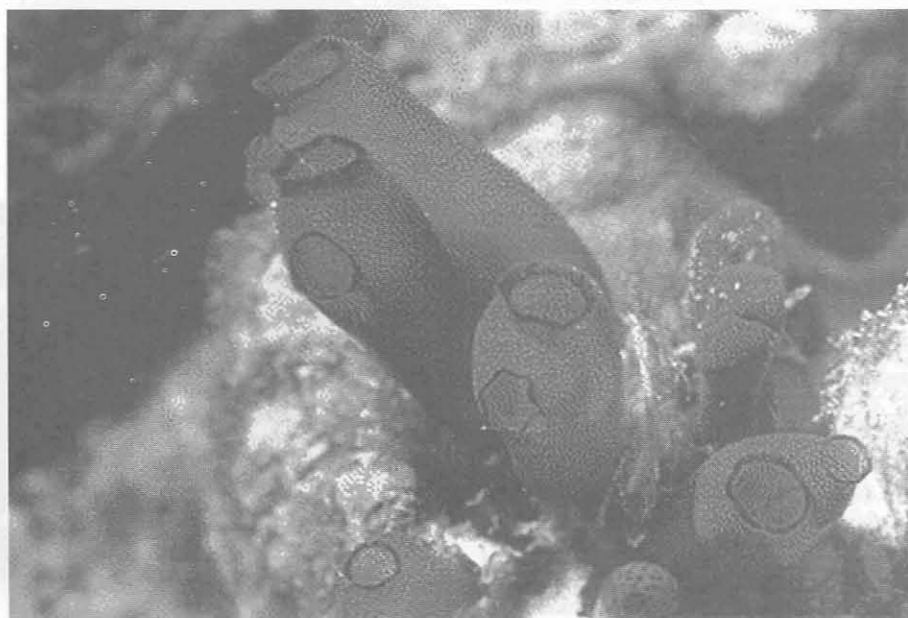
Esnal explica que existen diferencias en la forma del animal según habite en las costas o mar adentro. Las dimensiones de la cola, que es responsable de impulsar el agua dentro de la cápsula, son menores en organismos de aguas costeras. Ello se debe a la mayor concentración de fitoplancton en la costa, lo cual permite a estos animales un ritmo de filtrado más lento.

Lo cierto es que las apendicularias desempeñan una importante función concentradora del alimento. Filtran mucho más de lo que consumen, y descartan sus cápsulas varias veces por día. Abandonan su casa con la mesa servida cada vez que los filtros se taponan, o cuando están amenazados por algún predador. "La mayoría de las especies estudiadas segregan una nueva cápsula cada cuatro horas", describe Esnal.

En sus filtros y redes, los tunicados pueden atrapar unas 50.000 células de fitoplancton por vez. De esta manera, constituyen un vínculo importante entre el nanoplancton y los animales más grandes en la cadena alimentaria oceánica. Las cápsulas abandonadas de los tunicados tienen un gran impacto ecológico, pues alcanzan una alta densidad en las áreas donde hay abundancia de tunicados, teniendo en cuenta que éstos pueden fabricar hasta seis cápsulas diarias.

Como latas de conserva flotantes, las cápsulas abandonadas son paquetes concentrados de fitoplancton, y representan una rica fuente de alimentos para todos aquellos organismos que no están adaptados para capturar partículas muy dispersas. Se han hallado varias clases de zooplancton, incluyendo los copépodos (pequeños crustáceos), las larvas de krill, y las lombrices chatas, prendidas de las casas y devorando las partículas allí atrapadas.

Los tunicados, a pesar de que están protegidos por su misma transparencia, tienen sus predadores, entre los que se encuentran las larvas de arenques, las sardinas y también las tortugas, aves, focas y delfines. Cuando sus casas rebosan de fitoplancton, se hacen más evidentes, y los animales, al visualizarlas, las devoran junto con su habitante.



En la Antártida, la producción de fitoplancton se reduce a los meses de primavera y verano, época en que hay mucha radiación solar, que favorece la generación de biomasa. La baja disponibilidad de alimento durante el invierno afecta a los organismos marinos, en particular a los herbívoros. De todos modos, en invierno no hay hambruna completa pues el nanoplancton y las partículas orgánicas proveen una parte de energía, y reducen el efecto negativo de la disminución de la producción de alimento.

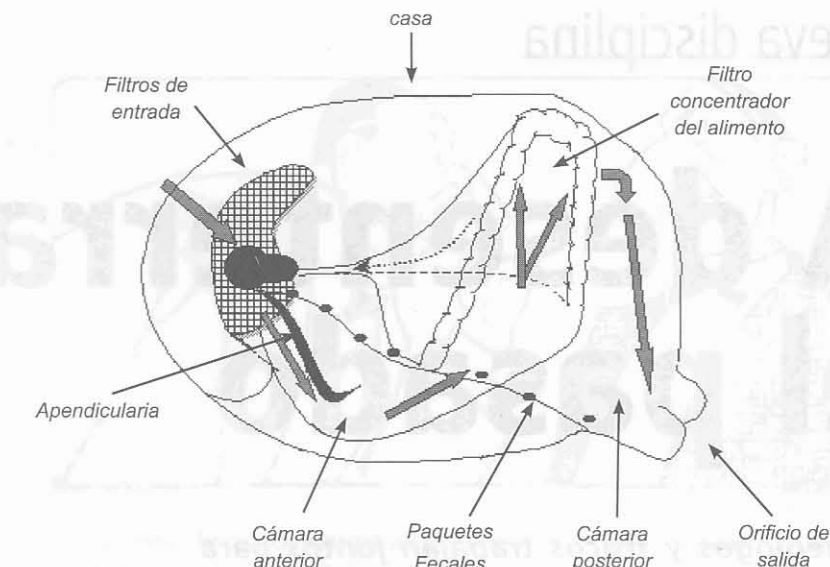
Otros factores que afectan al fitoplancton en las áreas costeras son el derretimiento del hielo y el acarreo de sedimentos hacia el mar. Cuando las aguas se vuelven oscuras por la abundancia de sedimentos, la luz no penetra en el agua y de este modo se impide la fotosíntesis.

Papas de mar

No todos los tunicados flotan en el agua. Hay algunos que se adhieren fuertemente al fondo marino: son las ascidias, o papas de mar, llamadas así, justamente, porque tienen la forma de ese tubérculo.

“Estos organismos tienen una altísima diversidad en mares tropicales. Toleran condiciones bastante amplias en cuanto a temperatura del agua, salinidad y disponibilidad de alimento”, afirma el doctor Marcos Tatián, investigador de la UNC y del Conicet.

Las ascidias viven fijas en el fondo, generalmente se adhieren a sustratos duros y rocosos. Como los demás tunicados, se dedican a filtrar agua de mar y a captar pequeñas partículas en suspensión en el ambiente marino, de las cuales se alimentan. Por lo general, se las encuentra en ambientes poco profundos, donde las condiciones de alimentación son óptimas, porque, gracias a la presencia de luz solar, la producción de microflora y microalgas es mayor. “Las ascidias se alimentan de fitoplancton, pero no des-



Apendicularia en su hábitculo: las flechas grandes indican la circulación del agua en el interior de la “casa”. Las partículas pasan por un primer filtro (de entrada) que deja afuera a las más grandes. Las que ingresan a la casa son concentradas en el filtro concentrador, y llevadas a la boca.

Dibujo: Gastón E. Aguirre

deñan otro tipo de partículas, como los detritos y toda clase de sustancias disueltas”, detalla Tatián.

En efecto, los investigadores han estudiado el contenido estomacal de estos organismos, y hallaron sustancias diversas, es decir, comen lo que venga. “Las ascidias pueden manejar grandes cantidades de material orgánico sedimentario y son capaces de sobrevivir en un hábitat con bajos niveles de fitoplancton a lo largo del año, especialmente en invierno”, dice Tatián.

Pero ¿las ascidias pueden alimentarse de detritos? Según el investigador, es posible que usen esos detritos como fuente de carbono. Tal vez esas partículas se conviertan en alimento gracias a la acción de las bacterias.

En síntesis, las ascidias no se alimentan sólo de las algas que se producen en verano, sino que tienen otras fuentes de alimento. Parte de su alimentación proviene de detritos y materia orgánica en suspensión que es abundante durante todo el año.

Con todo, estos organismos también acusan recibo del cambio climático, y están disminuyendo. “Hemos visto que, en un período muy corto, estas poblaciones se están reduciendo, a pesar de que se han mantenido estables durante mucho tiempo”, afirma el doctor Ricardo Sahade, investigador de la Universi-

dad Nacional de Córdoba (UNC) y del Conicet, que integra el grupo que dirige la doctora Esnal.

Los cambios en las poblaciones de estos organismos también se detectan cuando se compara la biodiversidad actual con los registros históricos, a partir del estudio de las colecciones existentes en los museos de la Argentina y de otros lugares del mundo. De este modo se puede tener una idea del posible reemplazo de unas especies por otras.

“La pérdida de biodiversidad no se percibe en lo económico de manera inmediata, pero es grave en la medida en que se desconocen aún las posibles aplicaciones de lo que se pierde”, destaca Sahade.

De hecho, hay un anticancerígeno que se obtuvo a partir de una ascidia, la sustancia se denomina didemmina y se encuentra en fase de experimentación clínica. Estas sustancias forman parte de un mecanismo de defensa química que desarrollan las ascidias con el fin de evitar la predación, debido a que, como están adheridas al fondo, ante un ataque no pueden escapar.

Pero estos organismos también constituyen un recurso alimentario. De hecho una de sus especies, la piura, es empleada en Chile para el consumo humano.

Sahade destaca: “Cuando se pierde la biodiversidad, uno no sabe qué está perdiendo”. ■

El grupo que dirige la doctora Graciela Esnal está compuesto por las doctoras Verónica Fuentes, Cristina Daponte y Fabiana Capitanio (FCEyN), los doctores Marcos Tatián y Ricardo Sahade (UNC) y el tesista Gastón Aguirre.

Nueva disciplina

A desenterrar el pasado

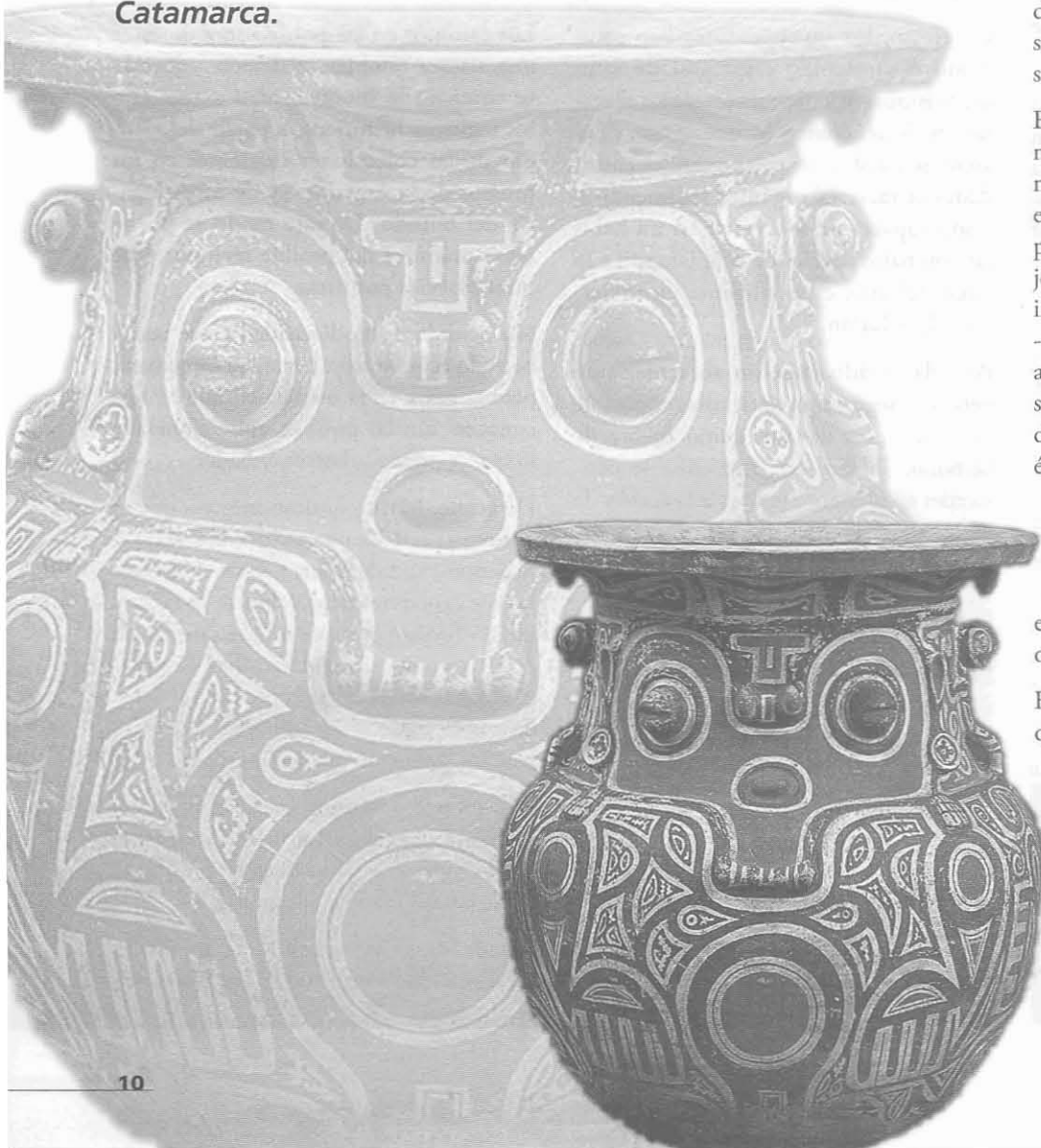
Cecilia Draghi | cdraghi@de.fcen.uba.ar

Arqueólogos y físicos trabajan juntos para desentrañar el ayer. En la Argentina ya han colaborado en la detección de estructuras enterradas en Floridablanca, enclave fundado por la corona española en el siglo XVIII, en Santa Cruz. Recientemente obtuvieron el mapa de un complejo habitacional de Palo Blanco, Catamarca.

Julio de 2007. Es una mañana muy fría en Fiambalá, Catamarca. Cinco investigadores de la Universidad de Buenos Aires y del CONICET ultiman todos los detalles antes de partir hacia la localidad arqueológica de Palo Blanco, que fue uno de los primeros caseríos del Noroeste Argentino. A bordo del jeep ya cargaron el instrumental, los víveres, y todo lo necesario para iniciar una larga jornada de trabajo. Una hora y media de viaje por un camino dificultoso, hasta que finalmente llegan al sitio donde hace unos 1800 años vivió una sociedad agro-pastoril.

Es una zona desértica, con un cordón montañoso como telón de fondo, y algunos pequeños arbustos desparramados en ese suelo que a diario soporta una alta amplitud térmica y fuertes vientos. Ese paisaje será su oficina de trabajo durante nueve intensos días. Debajo de sus pies se hallan -según sus deducciones- restos de nuestros antepasados, que no ven la luz desde hace siglos. Desenterrar estos tesoros requiere de una planificada cirugía. Precisamente, ésta es la labor en la que físicos y arqueólogos concentrarán su atención hasta las cinco de la tarde. La tarea tampoco termina allí. De vuelta al hotel en Fiambalá, el equipo de científicos seguirá estudiando en sus computadoras los datos obtenidos en el día de exploración.

Ellos están llevando a la práctica la arqueogeofísica, una metodología que suma lo mejor de dos disciplinas, con el mismo desafío: descifrar el ayer. "El acceso a la excavación de un sitio arqueológico no siempre es sencillo. De hecho, los sitios históricos o las estructuras ubicadas bajo desarrollos urbanos no siempre son accesibles, y los métodos geofísicos son una alternativa para estudiar lo que subyace, sin tener que in-



Tras los rastros del ayer

Casi dos años de investigación les llevó elaborar el mapa de un sector de la localidad arqueológica de Palo Blanco, un asentamiento de 1800 años de antigüedad. Según estudios previos, se habían registrado cinco núcleos habitacionales que dejaban lugares abiertos entre unos y otros, y que, en conjunto, cubrían un área aproximada de cinco kilómetros cuadrados. De una de las unidades habitacionales, denominada NH-3, nunca antes se habían realizado excavaciones. E inquietaba conocer más datos.

Georadar, métodos electromagnéticos, datos de tomografía eléctrica, y del sistema de posicionamiento global (GPS, por su sigla en inglés) fueron algunas de las herramientas empleadas por los físicos en el terreno que sería auscultado. "El sector abarcaba unos 120 metros cuadrados de superficie y dos metros de profundidad. El tema principal es que, para poder ver algo, debíamos obtener una buena resolución, del orden de los 20 a 30 centímetros. Esto lleva a tener una grilla de mediciones con separaciones muy pequeñas. Se debe barrer un espacio muy amplio, con pasos muy chiquitos", describe Osella, que es investigadora principal del CONICET.

En este sentido, Ratto precisa: "La selección del lugar donde aplicar las técnicas geofísicas la determina el arqueólogo sobre la base del análisis de la información disponible, como la distribución y densidad de artefactos en la superficie, entre otros". Y agrega que la "geofísica es una técnica que se aplica a problemas

tervenir el sitio", señalan la doctora en física Ana Osella de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) de la UBA, y el doctor José Luis Lanata, profesor del departamento de Ciencias Antropológicas de la UBA, en el libro "Arqueogeofísica. Una metodología interdisciplinaria para explorar el pasado".

Indiana Jones, el legendario personaje cinematográfico que corre aventuras por doquier, seguramente no ha contado con los beneficios de esta metodología, que ahorra no pocas vicisitudes. ¿Quién no desearía, antes de excavar en busca de una reliquia, tener en sus manos un mapa que detalle el panorama escondido debajo de la tierra? Hacer visible lo que se halla sepultado bajo la superficie es precisamente el objetivo a cumplir.

"Con distintos métodos geofísicos obtenemos imágenes de alta resolución a partir de observaciones en superficie. De este modo se busca determinar qué estructuras se hallan debajo. Esto le sirve a un arqueólogo, porque le brinda una idea general cuando quiere encarar una excavación. Le ofrece información para determinar cómo empezar a hacerlo y le ahorra tiempo al indicarle dónde tendrá más probabilidades de hallar restos", indica Osella, directora del Laboratorio de Geofísica Aplicada y Ambiental de la FCEyN-UBA. A este grupo también pertenecen Néstor Bonomo, Eugenia Lascano, Luis Martino y Victoria Bongiovanni, quienes junto con Osella y

la arqueóloga Norma Ratto, del Museo Etnográfico de la UBA, i n -

tegraron el equipo que logró, finalmente, obtener el mapa del complejo habitacional de Palo Blanco, en Catamarca.

Todos ellos coinciden en subrayar que con esta herramienta analítica fue posible diseñar la estrategia de excavación más adecuada, que permite delimitar la extensión y ancho de los muros, que estaban deteriorados por la acción de distintos agentes erosivos. Acceder a estos frágiles tesoros casi con guantes de seda es uno de los logros de la arqueogeofísica, y según destacan en el libro: "Es de esperar que, así como se ha generalizado en otras partes del mundo, se convierta en nuestro país en una metodología habitual que contribuya a la investigación arqueológica, favoreciendo simultáneamente la preservación del patrimonio cultural".



arqueológicos. No es un fin sino un medio, que ayuda a la intervención de un sitio”.

Los investigadores hacen uso de diferentes equipos. Por ejemplo, recorren una pequeña área con un georadar, que se parece a una cortadora de pasto. El aparato envía una onda electromagnética y recibe el eco de esa señal. Con estos datos, se pueden detectar discontinuidades en las propiedades dieléctricas del medio. También se realizaron tomografías eléctricas. “Estos equipos permiten detectar anomalías en el terreno, es decir, alguna estructura diferente, como un muro, parte de una vasija o una piedra. Con esta información se construyen mapas de estructuras que supuestamente están debajo de la tierra”, puntualiza Osella.

Dedican horas y horas de trabajo de campo a tomar mediciones, pero éstas también requieren ser chequeadas. Siempre está latente el temor de que la tarea haya sido en vano. Entonces se lleva a cabo un pre-análisis, es decir, una revisión de los datos para asegurarse de que ofrecen resultados razonables y que se usaron los parámetros adecuados. Más tarde, ya de regreso en Buenos Aires, se hará la interpretación final.

Aun comprobado que todas las mediciones son correctas, tampoco es simple distinguir detalles del terreno. “Generalmente, los objetos arqueológicos están hechos con el mismo material que se saca del medio ambiente. A lo sumo, es distinta la compactación. Si se trata de un muro de adobe, éste es de barro. Si el objeto enterrado es una vasija, también es de barro. El desafío es cómo distinguir barro de barro. En cambio, si se busca agua en un medio poroso, habrá contraste”, compara, y subraya: “Se deben usar varios métodos para poder compaginar los datos”.

“Vuelve el alma al cuerpo”

Así describe la sensación que experimenta al hallar lo buscado la doctora Norma Ratto, del Museo Etnográfico Juan B. Ambrosetti, e investigadora docente de la Facultad de Filosofía y Letras (UBA), que tuvo a su cargo la labor arqueológica en Palo Blanco, Catamarca.

¿Cómo es un día de campaña en Palo Blanco?

- Las actividades académicas nos dejan poco margen para la realización de campañas en terreno, por lo que no se puede “elegir” el mejor momento, sino que se va cuando “se puede”. Esto significa dedicar las vacaciones al trabajo, que generalmente son las de invierno o las de verano. Estamos trabajando en una localidad donde los inviernos son muy fríos, con predominio del viento zonda, y los veranos muy calurosos. No son las mejores estaciones para realizar el trabajo de campo. Con el equipo geofísico hemos trabajado en los meses de julio y agosto, por lo que soportamos temperaturas muy, muy bajas en terreno. En particular, durante este invierno, trabajamos con varios grados bajo cero. Esto obliga a maximizar los horarios desde las 10 a las 17 horas, aproximadamente. Antes o después es casi imposible trabajar, y que el trabajo rinda.

¿Cuáles son las mayores dificultades de su trabajo?

- La investigación de base necesita de subsidios para poder financiar las campañas que cada día se hacen más costosas. Salvo algunas excepciones, los montos de los subsidios no están acor-

des a los gastos que demanda una campaña, cuando hablamos de un número importante de personas y equipo que se deben trasladar grandes distancias.

¿Qué instrumentos utilizan?

- El kit de un arqueólogo para el trabajo de campo está compuesto por utensilios utilizados por otros oficios. Usamos pinces, cucharines, espátulas, bisturís, niveles, cintas métricas, plumadas, cordeles, baldes de albañil, zarandas. Además, un instrumental de medición compuesto por estaciones totales, niveles ópticos, GPS, brújulas, altímetros, entre otros.

¿Qué les aportó la geofísica en su trabajo?

El trabajo interdisciplinario con los geofísicos permitió realizar prospecciones no invasivas. En Palo Blanco pudimos contar con un “mapa virtual” de las estructuras arquitectónicas enterradas, sin visibilidad en superficie, hecho que nos permitió generar e implementar un diseño de excavación dirigido. Esto redundó en la intervención del sitio con mayor certeza.

¿Y cómo es la sensación cuando se descubre lo buscado?

- Realmente el alma vuelve al cuerpo. Por lo que comentaba anteriormente, el esfuerzo realizado es muy grande, tanto físico como económico, y uno siente que valió la pena todo ese esfuerzo para construir la historia cultural regional.



A flor del terreno también se resuelven algunas dificultades que pueden presentarse. “El hecho de que haya arqueólogos en el lugar permite hacer pequeños testeos, y hacer verificaciones en caso de que haya anomalías fuertes. Por ejemplo, se encontró algo alineado que podía ser un muro. La arqueóloga Ratto empezó a excavar, sacó algunos tuestos, y finalmente apareció el muro tal como habíamos marcado en el mapa”, relata. En general, suele comprobarse que cuando se detectan objetos con ángulos rectos, éstos fueron contruidos por el hombre. “La naturaleza no tiene ángulos rectos”, destaca.

El caso de Palo Blanco es el más reciente, pero no el único, puesto que los científicos han trabajado en distintos puntos del país, como el predio de las Misiones Jesuíticas de San Ignacio, en Misiones. “Hicimos un estudio de la zona donde se pretendía construir un centro de interpretación, para descartar que debajo de ella hubiera remanentes arqueológicos”, relata.

Floridablanca, caso pionero

Pero el primero de todos los estudios realizados por Osella tuvo lugar en el año 2000

en Santa Cruz, más precisamente en Bahía San Julián. Allí, la corona española en el siglo XVIII fundó el sitio “Nueva colonia y Fuerte de Floridablanca”. “Este trabajo fue el pionero—recuerda—. Los arqueólogos Lanata y Ximena Senatore nos vinieron a proponer participar en el estudio. Fue un caso testigo, el primero que utilizó métodos geofísicos intensivos en arqueología, y se obtuvieron muy buenos resultados. Fue más experimental que los realizados posteriormente, porque no teníamos todo el equipo actual, y, además, porque no sabíamos si podíamos detectarlo”.

La tarea por delante era reconstruir este enclave ocupado entre 1780 y 1784, y del cual se poseía un plano del Fuerte, que databa de 1781. Por datos históricos se sabía que este sitio fue poblado por unas 150 personas aproximadamente, entre funcionarios, tropa, maestranza, presidiarios, marinos y familias de labradores. Este emplazamiento no sólo se creó para la defensa y poblamiento de las posesiones más australes de la corona, sino que “fue un ensayo en estas nuevas colonias de algunas de las ideas vinculadas al movimiento ilustrado en España, y por lo tanto, de la modernidad”, detallan Senatore y Silvana Buscaglia, ambas del Instituto Multidisciplinario de Historia y Ciencias Humanas del Conicet, quienes realizaron este trabajo junto con Victoria Bongiovanni, Matías de la Vega, Eugenia Lascano, Patricia Martinelli y Osella, de la FCEyN.

El proyecto español fomentaba la igualdad entre los hombres, la agricultura como principal fuente de riqueza y felicidad, y la familia patriarcal como unidad primordial de la sociedad, según señalan los investigadores. Más allá del espíritu que se le quiso imprimir a este enclave, físicamente tomaba la forma característica del trazado español, es decir las edificaciones se ubicaban en torno a una plaza central.

“Sobre el diseño del asentamiento de San Julián, el único plano histórico que existe es el del Fuerte. De acuerdo con la secuencia constructiva relatada en la documentación, su construcción se inicia en la primera semana de enero de 1781 y culmina a mediados de abril de ese año. En el plano histórico se representa al fuerte con un claro diseño mi-

litar y rodeado perimetralmente por un foso. La estructura medía 50 metros de lado e internamente estaba organizada en forma de cuadrado, con un espacio abierto central donde se localizaba una cocina y a los laterales cuatro cuarteles”, indicaron. Según datos históricos, la corona española construyó y asignó a cada familia una vivienda idéntica en dimensiones, unos 30 metros cuadrados en los que se distribuían una cocina, un dormitorio y un corral.

Tanto en Palo Blanco como en Floridablanca, los trabajos llevaron varios años. En Santa Cruz, las investigaciones arqueológicas del sitio comenzaron en 1998, y en 2000 se iniciaron los estudios geofísicos para caracterizar la zona. En el 2003 se realizó la prospección geofísica del ala sur, un sector de unos 600 metros cuadrados. Los investigadores observaron una gran regularidad en las viviendas detectadas. Al menos tres de ellas eran similares en forma, tamaño, arreglo del espacio interno y materias primas utilizadas. Así, la construcción reproducía uno de los principios que rigieron el ordenamiento social de esa colonia: la igualdad.

Cucharín teledirigido

Con los planos en mano, que delinean lo que se halla bajo los pies, los arqueólogos pueden iniciar las excavaciones en forma más precisa. Es como si el cucharín estuviera teledirigido al lugar indicado, adonde llega velozmente, con grandes paladas, para aminorar su ritmo a medida que se acerca al resto arqueológico. De esta manera, el tesoro tan buscado no sufre daño alguno. “Es espectacular cuando, con el mapa elaborado a partir de los datos geofísicos obtenidos, se va al campo, se excava y se comprueba que el mapa reproduce lo que los arqueólogos hallan. Es fantástico”, dice Osella.

¿Cómo resultó el trabajo conjunto entre arqueólogos y geofísicos? “Nos costó un tiempo encontrar un lenguaje compatible—dijo Osella—, pero, cuando lo hallamos, todos ganamos, porque se abre un panorama distinto con otras visiones”. Tan diferente es la óptica, que la excavación a ciegas quedó definitivamente enterrada en el pasado. |



Animales de laboratorio

La ley del más fuerte

por Gabriel Stekolschik | gstekol@de.fcen.uba.ar

Año tras año, millones de seres vivos son utilizados y sacrificados con propósitos experimentales. Gracias a ello, la ciencia ha logrado prolongar nuestra esperanza de vida. En las últimas décadas, los países desarrollados han dictado normas que permitieron reducir en forma significativa el uso de animales para investigación. La Argentina carece, todavía, de una legislación al respecto.

Se los convierte en diabéticos, se les provoca cáncer, se los intoxica, se los hace adictos a drogas, se los priva de comida, se los infecta con virus, bacterias u otros microorganismos; se los somete a temperaturas extremas, reciben shocks eléctricos y radiaciones, o son expuestos a gases venenosos o a sustancias corrosivas. Por si todo esto fuera poco, además, permanecen doloridos y estresados durante días o meses, amontonados en jaulas donde apenas pueden caminar.

Se trata, mayoritariamente, de ratas y ratones. Pero, también, de conejos, cobayos, perros, gatos, aves, peces, reptiles, monos e, incluso, caballos.

Se estima que más de cien millones de seres vivos son utilizados en experimentos cada año en todo el mundo. Y este cálculo sólo incluye a los vertebrados, es decir, no toma en cuenta a los insectos, los moluscos, los gusanos, y el resto de las formas de vida animal consideradas "inferiores", que también se utilizan como modelo de estudio en los laboratorios.

Es que los experimentos con animales han sido —y siguen siendo— cruciales para el desarrollo de la ciencia y la medicina. Porque, según parece, para el ser humano todavía es imposible buscar la cura de todos sus males sin aprovecharse de las demás especies.

Derechos no humanos

Durante la segunda mitad del siglo XX, algo empezó a cambiar para los bichos de laboratorio cuando, por presión de las sociedades protectoras, los animales comenzaron a ser considerados "seres vivos con derechos". En la Argentina, este movimiento se vio reflejado en la ley 14.346,





de protección animal, sancionada en 1954 y todavía vigente. La Declaración Universal de los Derechos del Animal, proclamada por la UNESCO en 1979, formalizó finalmente la cuestión.

Pero, para el caso específico de los animales utilizados para la experimentación, el verdadero punto de inflexión -en lo que se refiere a su uso- se produjo en 1959, cuando dos científicos ingleses, William Russell y Rex Burch, escribían sus "Principios de Técnicas de Experimentación Humanitarias". En ese tratado, los investigadores no sólo describen por primera vez "la regla de las tres R" que, todavía hoy, es un mandamiento para todo aquel que quiera manipular animales para investigación (ver recuadro: *La regla de las 3 R*), sino que, además, sientan las bases de lo que actualmente es la "ciencia de animales de laboratorio", pues sostienen que la excelencia científica depende del uso humanitario de los animales con los que se experimenta.

Cuidado con el perro

"Un ser vivo estresado -porque es maltratado- tiene todos los parámetros bioquímicos alterados y, por lo tanto, no es un animal válido para ser utilizado en un experimento", señala la doctora Berta Kaplún, pionera en la Argentina en el tema de los animales para investigación, y fundadora de la carrera de Técnicos para Bioterio de la Universidad de Buenos Aires. "El animal es el reactivo biológico, el instrumento de medida y, como tal, debe estar calibrado", ilustra la médica veterinaria Cecilia Carbone, profesora titular de la cátedra de Animales de Laboratorio, y directora del bioterio, en la Universidad Nacional de La Plata.

El hecho de que la manera en que se trata un animal influye en los resultados de los experimentos ha conducido a que, en la actualidad, las principales revistas científicas internacionales exijan, a los investigadores que envían para su publicación trabajos realizados con seres vivos, la firma de una declaración de cumplimiento de normativas y recomendaciones específicas.

"Por ejemplo, se han rechazado trabajos porque se utilizan más animales de los estrictamente necesarios. Y esto ocurre porque los animales son mal manejados y, por lo tanto, hay mayor variabilidad en los resultados de los experimentos. Entonces, los cálculos estadísticos exigen mayor cantidad de individuos para validar los resultados", explica Kaplún.

Pensión incompleta

Entre las variables que determinan la aptitud de un ser vivo para ser utilizado como reactivo biológico en investigación están las condiciones del bioterio, que es el lugar donde se cría a los animales para experimentación. La correcta aireación, el tipo y cantidad de alimento, la calidad de las "camas" (la viruta que se coloca en el piso de las jaulas), el control genético, o la ausencia de contaminación microbiana, son algunos de los parámetros que se exigen a nivel internacional para validar un animal.

Pero, según la doctora Adela Rosenkranz, asesora del bioterio de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) de la UBA, en la Argentina no se consiguen los insumos adecuados, debido a que no hay un mercado suficientemente atractivo para las empresas multinacionales que los producen: "La cama, entre otras cosas,

La regla de las 3 R

Son las iniciales de **Reducción, Reemplazo y Refinamiento**, objetivos primarios para quienes trabajan con animales de laboratorio.

La **Reducción** en el número de animales utilizados puede lograrse de múltiples maneras. Por ejemplo:

- Haciendo públicos los resultados negativos de los experimentos, lo que evitaría la repetición innecesaria de los mismos por otros grupos de investigación.
- Controlando la calidad genética, y el estado sanitario de los animales, lo que permitiría una menor dispersión de los datos experimentales y, por lo tanto, un requerimiento menor de ejemplares.
- Coordinando el uso conjunto de los animales entre diferentes grupos de investigación.
- Efectuando diseños experimentales apropiados, a partir de buenos análisis estadísticos.

El **Reemplazo** de los animales por otros métodos alternativos existentes (ver recuadro "Animales alternativos") debería ser una inquietud siempre presente, tanto para las actividades de investigación como de docencia.

El **Refinamiento** está relacionado con todo aquello que tienda a reducir al mínimo el estrés, el dolor e incomodidad del animal, especialmente durante los procedimientos experimentales, lo que redundará en una disminución del número de individuos a utilizar. El refinamiento requiere, entre otros aspectos, de personal capacitado y entrenado en las técnicas de manipulación, anestesia, o analgesia y, también, de condiciones ambientales confortables para el animal.

Para la doctora Berta Kaplún, habría una cuarta R: la de Responsabilidad. "Sin responsabilidad no se pueden cumplir las otras tres", afirma.

Los premios 2007 de Ratones

no debería contener inductores enzimáticos, ni metales pesados, ni insecticidas dentro de ciertos límites; y la comida, por ejemplo, debería tener siempre declarados exactamente los mismos ingredientes, y venir acompañada con un análisis de ausencia de contaminantes", consigna.

Según Rosenkranz, en nuestro país no hay lugares donde hacer el control genético, y "sólo existe un único centro especializado en control microbiológico, que no hace todos los análisis recomendados internacionalmente".

Para la experta, debería existir un centro de referencia de animales de laboratorio "como el que existe en Brasil", que disponga de todas las tecnologías necesarias, y propone: "Ya que el Conicet (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas) financia investigaciones que utilizan animales que no están en las condiciones en que deberían estar, podría destinar esos recursos al centro de referencia".

Gruñidos

En la Unión Europea, la legislación exige que cualquier investigador que trabaje con animales posea una certificación que lo habilite para tal fin. Para ello, debió haber realizado un curso de postgrado, cuyos contenidos son establecidos por la Federación Europea de Asociaciones de Ciencias de Animales de Laboratorio (FELASA, por sus siglas en inglés).

En la Argentina, si bien no hay ninguna norma que rijan esta actividad, existe un curso -cuyo programa responde en cuanto a contenidos y carga horaria a las recomendaciones de FELASA- que se dicta en la FCEyN: "Es la novena edición del curso, y cada año recibimos más alumnos, que vienen de toda Latinoamérica", cuenta Adela Rosenkranz, coordinadora del curso, y añade: "La mayoría de los asistentes son jóvenes que están haciendo su tesis de doctorado. Los investigadores más grandes no cursan porque nada los obliga".

Si bien en el año 2000 la FCEyN se dio un Reglamento para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio (que en el año 2004 fue tomado como modelo por la UBA, para aprobar una reglamentación para toda la universidad), todavía no hay una normativa nacional específica para todo lo relacionado con la experimentación con seres vivos. Esto, se traduce en la ausencia de políticas sobre esta materia desde los organismos públicos responsables: "Para el último Congreso Nacional de la especialidad invitamos a las personas que conducen nuestro sistema científico, pero nadie respondió", afirma Cecilia Carbone. En este contexto, cada bioterio hace lo que quiere, o lo que puede: "Los bioterios han estado tratando de mejorar, pero hay buenos y no tan buenos", opina la especialista.

Chillidos

Los sucesivos intentos de la Asociación Argentina para la Ciencia y Tecnología de Animales de Laboratorio (AACYTAL)

por concretar una legislación nacional sobre investigación con animales se han encontrado con la resistencia de los grupos proteccionistas, que no aceptan ninguna forma de experimentación con seres vivos.

Para Martha Gutiérrez, presidenta de la Asociación para la Defensa de los Derechos del Animal (ADDA), "en lugar de usar animales hay que incentivar la prevención", y cita como ejemplo los experimentos que se hacen para evaluar el daño que produce el uso de sustancias como el cigarrillo o el alcohol: "Se han utilizado animales para hacerlos inhalar humo de cigarrillo, para luego abrirlos y ver cómo estaban sus pulmones. O se los emborracha para encontrar curas para el alcoholismo", critica.

Al mismo tiempo, Gutiérrez propone el uso de los métodos alternativos disponibles (ver recuadro "Animales alternativos") o, cuando esto no fuera posible, la experimentación sobre voluntarios humanos: "Hay listas de gente que quiere salvar

Animales alternativos

Poco a poco, las nuevas tecnologías hacen cada vez más factible el reemplazo de seres vivos por otros elementos o dispositivos, tanto para los experimentos científicos, como en la actividad docente.

Así, los progresos en la biotecnología han posibilitado el uso de cultivos de células, tejidos y órganos, antes que recurrir al sacrificio de organismos enteros. De la misma manera, los modelos matemáticos, las bases de datos informatizadas, y la simulación por computadora han ahorrado numerosas vidas al mundo animal. El mejoramiento de las técnicas de diagnóstico por imágenes, y la mayor precisión de las metodologías de medición han conseguido otro tanto.

Por otro lado, los modelos artificiales -tanto materiales como virtuales- y los métodos audiovisuales se han constituido en instrumentos centrales para la actividad pedagógica en todos los niveles educativos.



a los animales, y que pone su brazo o su pierna para que les hagan distintos tipos de inoculaciones", sostiene.

Tras aclarar su condición de vegetariana, y su inclinación por la homeopatía a la hora de atender sus dolencias, Gutiérrez considera que "la Organización Mundial de la Salud tiene unas doscientas drogas aprobadas, y con eso podríamos curarnos todos".

Entretanto, y mientras la AACYTAL intenta hacer llegar al Congreso Nacional su proyecto de Ley de Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio, en una de las comisiones de la Cámara de Diputados ya hace tiempo que está en discusión un proyecto presentado por la ADDA para modificar la vieja ley de protección animal.

-¿Qué quieren reformar de la ley 14.346?
-“En este momento, lo que nosotros querríamos es ampliar sus alcances para que no se admita la experimentación para temas cosméticos”, anuncia Gutiérrez, y confiesa: “Si planteamos una negativa total a la experimentación, el proyecto no atraviesa ni siquiera la primera comisión. Entonces, nos vamos poniendo metas parciales”.

En esta lucha de proyectos, no se vislumbra la búsqueda de una reglamentación consensuada que, por un lado, sancione el maltrato a los animales y, al mismo tiempo, permita la utilización controlada de seres vivos para fines científicos. “Sería importante que pudiéramos trabajar en conjunto con las asociaciones protectoras porque, de alguna manera, desde ambos lados estamos promoviendo un mayor bienestar para los animales”, considera la médica veterinaria Graciela Lammé, coordinadora del bioterio de la FCEyN.

Bichos vs. mascotas

Mientras desde la página Web de la ADDA se denuncia el maltrato a cangrejos y langostas (piden que se los sacrifique antes de cocinarlos vivos en agua hirviendo), los intentos por regular el uso de animales de experimentación desde el ámbito científico apuntan exclusivamente al mundo de



los vertebrados. Esta discriminación se hace más notoria en los Estados Unidos, donde la regulación federal sobre bienestar animal no incluye a las ratas, a los ratones, ni a las aves.

De hecho, los cuestionamientos de la opinión pública en cuanto a la experimentación con animales, también son selectivos: “El uso de las especies habitualmente usadas como animales de compañía, como perros y gatos, o la utilización de primates, es más cuestionado que la utilización de ratas o ratones que, en definitiva, son los más utilizados en los experimentos”, comenta Carbone.

De todos modos, podría decirse que, para algunos “bichos”, las cosas habrían mejorado. Pues, a partir de 1987 y por resolución del Ministerio de Educación, fueron prohibidos los procedimientos de disección y vivisección en los establecimientos de enseñanza primaria y media. Con ello, se puso fin a aquellos terribles experimentos escolares que dejaban a sapos, ratas y otros “conejiños de indias” a merced del sadismo estudiantil.

Homo ¿sapiens?

En el año 1985, la Organización Mundial de la Salud (OMS) convalidó lo que, desde siempre, ha sido un paradigma dominante en la investigación: la necesidad del uso de animales. En el primero de una serie de “principios básicos” -fundados en las Guías Internacionales para la Investigación Médica-, la OMS sentencia que “el progreso de los conocimientos biológicos y el perfeccionamiento de los medios de protección de la salud y el bienestar del hombre y de los animales obliga a hacer experimentos con animales vivos intactos de una gran variedad de especies”.

Desde la vereda opuesta, numerosas organizaciones de todo el mundo, que se oponen al uso de animales para la investigación, sostienen que, debido a las diferencias bioquímicas, fisiológicas y anatómicas que existen entre las especies, la experimentación con animales no garantiza la seguridad y/o eficacia de un medicamento u otro producto destinado a seres humanos. Afirman que, incluso, las respuestas de dos especies a una misma droga pueden ser contradictorias, y que sólo deben considerarse como “serios” los resultados de los ensayos clínicos.

En cualquier caso, los especialistas en la ciencia de los animales de laboratorio coinciden en la necesidad de lograr la reducción en el número de seres vivos utilizados para la experimentación y, cuando fuera posible, su reemplazo por métodos alternativos.

Pero, en la Argentina, esta tarea se hace muy difícil, pues la ausencia de un marco legal deja a los bioterios indefensos ante el avance de las asociaciones protectoras y, al mismo tiempo, en un lugar marginal del sistema científico nacional: “Si bien, tal vez por la exigencia de publicar, o de solicitar subsidios, se percibe un cambio de actitud en la comunidad científica, todavía falta mucho por andar en nuestro país”, comenta Cecilia Carbone, y añade: “El científico tiene la obligación moral de conocer este tema, y hacerse responsable por trabajar con seres vivos. Además, el sistema científico debería salir de su ignorancia y fomentar el desarrollo de esta ciencia en la Argentina, estableciendo políticas institucionales que nos permitan alcanzar la inclusión internacional”, concluye. □

Se entregaron los premios INNOVAR

Yo innovo, tú innovas...

por Armando Doria | mando@de.fcen.uba.ar

Entre más de 1600 participantes, dos trabajos de científicos de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales recibieron destacados premios en el Concurso Nacional de Innovaciones 2007 que organiza la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. En la categoría "Investigación aplicada", los primeros puestos fueron para el físico Oscar Martínez y para el computador Juan Santos. Y Martínez, finalmente, se llevó el premio mayor.

Un sillón para mecerse en cualquier dirección. Cultivos de una planta marina llamada Salicornia, que promete reducir el colesterol de las carnes. Aditivos de sílice a escala nanométrica para cementación de pozos petroleros. Un probiótico que previene infecciones. Una microplanta portátil para producir biodiésel. Una silla de ruedas apilable.

La lista, que corresponde a los premios del Concurso Nacional de Innovaciones INNOVAR, organizado por la Secretaría

de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación, se completa, entre otros, con el Equipo Láser de Medición de Suciedad ELMES, que recibió el premio mayor, y el robot Konabot, ambos con un factor común: son desarrollos de investigadores de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires.

De esta manera, la Facultad se quedó con el podio una vez más: en 2006, el premio mayor había sido para el desa-

rollo del grupo dirigido por el físico César Moreno: radiografías de nueva generación. Ahora fue el turno del ELMES, desarrollado por Oscar Martínez (omitido en el catálogo oficial), del Laboratorio de Electrónica Cuántica (LEC) del Departamento de Física, en trabajo conjunto con Gabriel Bilmes, del Centro de Investigaciones Ópticas, dependiente de la Comisión de Investigaciones de la Provincia de Buenos Aires y del Conicet.

El ELMES recibió, en primer término, uno de los cuatro premios de la categoría Investigación Aplicada. En esa misma categoría, el segundo destacado fue el Konabot, la criatura del equipo de Juan Santos, del Departamento de Computación de Exactas.

Ambos desarrollos tienen puntos en común, aparte de haber salido de la misma facultad. Los dos nacieron a pedido y los dos son considerados, por algunas de sus características, únicos en el mundo. Con algunos otros de los premios, se parecen en que tienen aplicaciones interesantes y son sumamente televisivos; en especial, el robot. Los cuatro premiados de cada categoría (ver recuadro) se llevaron 10 mil pesos y estatuillas amarillas; el mayor, 30 mil y estatuilla negra.



Oscar Martínez y Gabriel Bilmes reciben el premio de manos del Secretario de Ciencia y Técnica, Ing. Tulio Del Bono, y del Ministro de Educación, Lic. Daniel Filmus

Lo importante es competir

Una vez pasadas varias etapas de selección, INNOVAR realiza anualmente una exposición —que esta vez tuvo lugar en el Centro Cultural Borges de la Ciudad de Buenos Aires— donde presenta en sociedad a los 200 concursantes finales. Bien podría uno suponer que la exposición y la premiación dieron pie a informes coloridos en los noticieros y notas en las revistas dominicales de los diarios. Pero los INNOVAR no tuvieron demasiada resonancia. Pocos periodistas pasaron por los pasillos de la muestra y pocos asistieron al modesto acto de premiación. Hubo algunos mínimos *flashes* en la tele y sólo uno de los diarios nacionales le dedicó unas líneas menores.

En cambio, INNOVAR tuvo una gran repercusión mediática en sus dos versiones anteriores, y esa fue una de las razones que empujó a Martínez a presentarse. “Junto con Gabriel (Bilmes) pensamos que participar podía ser una buena oportunidad de difusión —cuenta—. Lo que buscábamos, que era exponer el producto, no lo logramos como pretendíamos, pero la experiencia fue interesante y nos dejó 30 mil pesos. Además, el canal de cable Encuentro nos acaba de hacer una entrevista”.

El grupo de Martínez cosechó otra distinción en la misma categoría: una mención (diploma y 3 mil pesos) por el interferómetro de banda ancha, un aparato para la medición del espesor de materiales. Ante la sorpresa del periodista al enterarse del premio, Martínez explicó: “El interferómetro para medir perfiles es una colaboración con el equipo de Jorge Torga, de la Universidad Tecnológica Nacional, regional Campana. Lo que pasa (se ríe) es que mi nombre no aparece en el catálogo tampoco con este producto”.

El computador Juan Santos, por su parte, decidió participar para, en sus palabras, “someter nuestro trabajo a una evaluación que estuviera más allá de nuestro entorno. Y, además, está bueno para exponerse”.

Durante la exposición, Konabot recibió

muchas visitas. “Pasó una persona que hacía explotación petrolera donde previamente se había hecho explotación minera. En el lugar había explosivos que en su momento no habían detonado y era necesario removerlos. Entonces, estaban buscando un tipo de tecnología como ésta”, relata Santos. “También se acercó una persona que estaba en una entidad vinculada con seguridad y defensa”, agregó. Y, para balancear, un interesado en remover minas en Angola. Con respecto al premio en efectivo, la gente de Santos ya lo usó: “Se fue rápido para cancelar deudas”, dijo.

La idea en un chasquido

El Equipo Láser de Medición de Suciedad ELMES tiene un nombre discreto, como todo gran invento. Está compuesto por un láser, un micrófono, un digitalizador de la señal que toma el micrófono y una computadora que analiza esa señal. Esos cuatro componentes que, claro está, existían previamente al ELMES, se combinan para dar respuesta a un problema de la industria siderúrgica: la medición de la suciedad sobre las chapas. El ELMES realiza la medición del estado de ligado limpieza-suciedad sobre una superficie, y fue desarrollado a pedido de la empresa Siderar.

Parece una trivialidad, pero el problema de la suciedad es clave. Las chapas se producen en grandes bobinas. Una vez que ingresan en industrias de elaboración de productos, requieren tratamientos antióxido, de pintura o recubrimientos de protección: la calidad de la terminación de un auto, una heladera, o lo que fuera, dependerá de lo limpia que esté la chapa.

En todo el mundo, la industria siderúrgica utiliza una única técnica para medir la suciedad de las superficies: se pega una cinta a la chapa, se despega, se vuelve a pegar sobre un papel blanco, se lleva a laboratorio, se cuantifica la luz que atraviesa el papel y de ahí se deduce la cantidad de suciedad que compone la muestra. El método depende de muchas variables poco mensurables, como la presión con la que

el operario pase el dedo por la cinta y, además no se puede realizar en la línea de producción, con las demoras que esto causa.

¿Y por qué, en vez de medir la suciedad, no se limpia por las dudas? “Limpiar preventivamente tiene un alto costo de producción y un alto costo para el medio ambiente, porque uno no limpia con agua, uno limpia con solventes, con electroquímica”, indicó Martínez, que considera que el sistema que creó junto con Bilmes también sirve como herramienta de conservación.

La suciedad se puede definir como una delgadísima capa de unos pocos micrones de aceites, grasas y partículas. Y acá aparece el descubrimiento que dio pie a la invención. “Cuando uno hace incidir sobre una superficie un pulso láser muy corto de alta energía, la suciedad se calienta bruscamente porque absorbe la radiación infrarroja y es evaporada en forma inmediata produciéndose algo así como una explosión —contó Martínez. Y a raíz de esa explosión, que técnicamente se denomina “ablación”, se produce un chasquido. “Eso lo tienen que haber visto infinidad de investigadores —relató—, sólo que a nosotros se nos ocurrió que la intensidad de ese sonido podía ser una medida de suciedad”. A los investigadores, demostrar eso les llevó varios años de tomas de muestras en una de las plantas de Siderar, empresa con la cual se estableció un convenio.

Finalmente, la gente de Martínez midió, diseñó y dejó listo un equipo para funcionar en la línea de montaje de Siderar. Habitualmente, con el método de laboratorio, se controla tomando muestras sobre dos o tres puntos de una bobina de muchos metros de chapa; con el ELMES es posible controlar la bobina de punta a punta, y con un grado de precisión inédito.

“El producto ya está listo pero ahora hay otro problema —aclaró Martínez—. La industria que lo necesita no es la que lo va a fabricar: hay que buscar alguien que lo fabrique. Es un equipo sencillo que podría producirse en cualquier empresa chica”. Ése es el próximo desafío.

Volcan

Yo, robot

Konabot también tiene potencialidad industrial. El robot desarrollado por el Laboratorio de Robótica del Departamento de Computación es una especie de pequeño tanque que se mueve impulsado por un par de orugas, creado con la finalidad de inspeccionar y, de ser necesario, manipular elementos que supongan riesgos para los seres humanos, como, por ejemplo, explosivos.

Categoría "Investigación aplicada"

- Equipo Láser de medición de suciedad.
- Konabot, robot de inspección y manipulación de elementos peligrosos.
- Micro válvula inteligente para glaucoma.
- Diseño de un producto probiótico para la prevención de infecciones.

Categoría "Diseño industrial"

- Reel innovador para pesca con mosca.
- Placentero - Sillón mecedor de múltiples movimientos.
- Herramientas para el cultivo del echalotte.
- Silla de ruedas de sistema apilable.

Categoría "Producto innovador"

- Pangea, aditivo para cementación.
- Materiales plásticos para el envasado de bebidas sensibles al oxígeno.
- Nueva pintura bactericida.
- Telémetro cardíaco WiFi ECG-WF400.

Categoría "Innovaciones en el agro"

- Salicornia: agricultura con agua de mar.
- Sembradora electroneumática.
- Microplanta productora de biodiésel

Para más información sobre los premios, consultar www.innovar.gov.ar



Robot Konabot, en acción

Nació a pedido de la Policía Federal Argentina, que estableció un convenio con la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales para su construcción. Tres años de trabajo demandó Konabot, tiempo en el que se desarrolló el software que lo anima y también cada una de las piezas mecánicas que lo componen, los circuitos... en definitiva, el hardware. Por esto, el Konabot es un proyecto enteramente nacional. Y Santos destacó esa característica: "Los científicos argentinos muchas veces publicamos nuestras investigaciones en revistas de nivel internacional y éstas son utilizadas para desarrollar productos que luego nos venden a nosotros mismos". En este sentido, Konabot es un bicho raro, porque las experiencias de armado de robots suelen incluir programación local, pero los equipos son comprados en el exterior. O, en muchos casos, el desarrollo es sólo virtual y nunca se llega a someter la programación a una interacción real con un hardware.

El robot se mueve a través de su par de orugas, pero cuenta con otro par adicional que, de ser necesario, se despliega y le posibilita atravesar terrenos desparejos y transitar escaleras. Como particularidad respecto de sus pares a nivel internacional, Konabot tienen dos brazos, uno de manipulación, que presenta una pinza y una cámara, y un segundo, que es únicamente de inspección y está integrado sólo por una cámara. Ambos brazos cuentan con sistemas infrarrojos para detectar a qué distancia se encuentra el objetivo y en la base del robot existe un anillo de sonares que le permiten conocer perfectamente su entorno en un radio de cinco metros.

Los brazos de este robot tienen seis grados de libertad en sus movimientos, una

característica totalmente original de este modelo, que le permite una importante destreza. La coordinación de todo su sistema está dada por una serie de redes y subredes, dada la complejidad del artefacto.

Inicialmente, Konabot está programado para trabajar siendo accionado a distancia por un operador, pero, en el caso de que sea necesario, tiene todas las condiciones para ser convertido en un autómata. El accionamiento remoto se realiza a través de una consola que se comunica con el robot mediante ondas de radio. El operador tiene dos opciones para impartir las órdenes, una más sofisticada que otra. La más "primitiva" es mediante una serie de palanquitas tipo *joystick*. La otra opción, de tecnología más refinada, es a través de realidad virtual y es posible por la interacción con dos elementos: un casco y un guante. Provisto de sensores de movimiento y de un visor ubicado a la altura de los ojos, que monitorea lo que "ve" cada una de las cámaras, el operador puede reconocer el entorno que rodea al robot y, moviendo su cabeza, inducir iguales movimientos en el brazo de inspección. Con el guante pasa lo mismo: los sensores permiten que el brazo con pinza copie los movimientos que realiza la mano. "Con el sistema virtual pretendimos simplificar al máximo el manejo, teniendo en cuenta que el Konabot está pensado para trabajar en situaciones de riesgo y tensión para los operadores", indicó Juan Santos.

El mes pasado, Konabot partió definitivamente del laboratorio de Santos para instalarse en su nuevo hogar: la Brigada de Explosivos de la Policía Federal, donde será utilizado para intervenir en situaciones que podrían poner en peligro la vida de las fuerzas de seguridad. **■**

¿Qué es una explicación científica?

(Segunda parte)

Gregorio Klimovsky | Guillermo Boido

Hay fenómenos que no pueden explicarse mediante leyes universales, sino sólo por leyes estadísticas, en especial, en disciplinas, como la sociología y algunas áreas de la biología o la biomedicina.

El modelo nomológico deductivo (tratado en el número anterior de *Exactamente*) no puede emplearse, en particular, cuando se utilizan leyes que tienen un carácter estadístico y no universal. De hecho, en la ciencia actual se emplean con frecuencia leyes *probabilísticas* o *estadísticas*. Un ejemplo es la afirmación de que una droga X cura determinada enfermedad con una probabilidad de 0,9. Ahora bien, supongamos que cierta persona enferma, Juancito, a quien se le aplicó la droga, ha curado. ¿Podemos ofrecer una explicación de este hecho empleando el modelo nomológico deductivo? Obviamente no, porque de la ley estadística y de la circunstancia de que a Juancito se le aplicó la droga *no se deduce* que aquél habrá de curarse, ya que sólo existe una probabilidad de 0,9 de que ello suceda. Adviértase que, si el enfermo no se cura, también podría decirse que este hecho queda explicado por la circunstancia de que la ley afirma que hay una probabilidad de 0,1 de que no lo haga. Ante esta falla del modelo nomológico deductivo, podemos recurrir al llamado *modelo estadístico de explicación*.

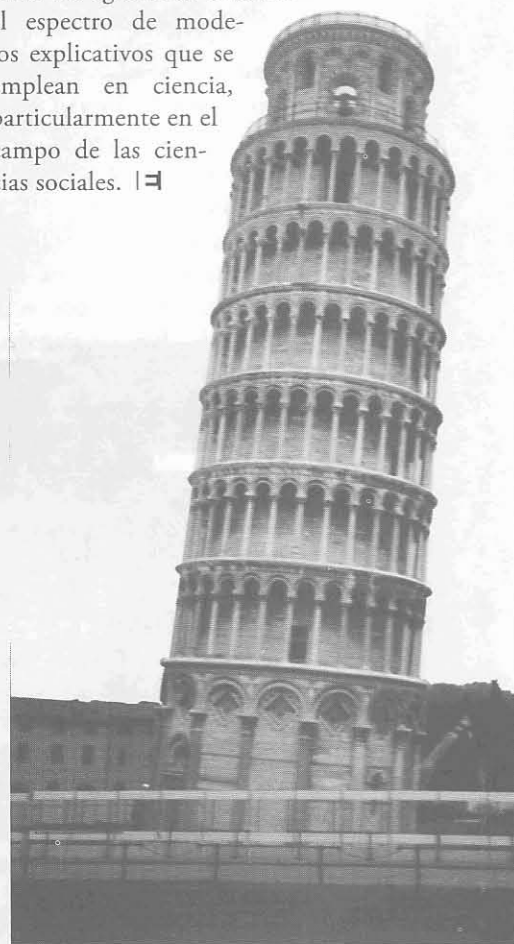
En las explicaciones estadísticas se expone una ley estadística (o más de una) y los datos que describen la situación particular; luego se agrega una afirmación que no se deduce de las anteriores pero que nos informa acerca de la probabilidad p de obtener una conclusión verdadera a partir de dichos enunciados. En nuestro ejemplo, construimos la explicación a partir de la ley “esta droga X cura la enfermedad Y con una probabilidad de 0,9”, la afirmación “a Juancito,

afectado por la enfermedad Y, se le aplicó la droga X” y una tercera afirmación: “la probabilidad de que Juancito cure es de 0,9”. Si Juancito curase, tendríamos aquí la explicación estadística de lo acontecido. Desde luego, los casos de interés son aquellos en que la probabilidad p es elevada, es decir, cercana a 1.

Cabe señalar que este tipo de explicación no ha carecido de críticos, como Karl Popper, para quien sólo las leyes universales merecen ser concebidas como auténticas leyes científicas. Sin embargo, existen disciplinas, como la sociología y algunos sectores de la biología o la biomedicina, en las que se carece de leyes universales, de modo que quien tenga que explicar determinados sucesos particulares tendrá que recurrir a leyes estadísticas, tales como las que describen el comportamiento genético de una población de organismos. Las leyes sociológicas o políticas son, en general, leyes de tendencia que encubren leyes estadísticas, según las cuales, por ejemplo, cuando la estructura social y económica adquiere ciertas características tiende a producirse un estallido social. Estos enunciados ocultan la afirmación de que tal cosa sucederá con una gran probabilidad, aunque no se diga explícitamente cuál. De modo que, a nuestro juicio, es conveniente aceptar el modelo estadístico como modelo válido de explicación científica.

Hasta aquí hemos presentado dos modelos que permiten explicar ciertos hechos o fenómenos particulares, es decir, “cosas que suceden”, como el comportamiento de las pompas de jabón descritas por Dewey que mencionábamos en nuestro artículo anterior o la curación de Juancito. Pero también es posible explicar *leyes*, como la ley de Galileo de caída de los cuerpos o las leyes planetarias de Kepler.

La deducción que permite explicar estas leyes consiste en tomar como premisas las leyes de alguna teoría más abarcativa, en este caso la de Newton, y deducir las leyes en cuestión con el auxilio de ciertos datos particulares. Dado que las leyes newtonianas son universales, la estructura lógica de estas explicaciones tiene un carácter nomológico deductivo. De hecho, como lo muestra la historia de la ciencia, muchas teorías han sido elaboradas con el fin de explicar leyes previamente conocidas. Agreguemos finalmente que los modelos de explicación nomológico deductivo y estadístico, de empleo frecuente en las ciencias naturales, no agotan en absoluto el espectro de modelos explicativos que se emplean en ciencia, particularmente en el campo de las ciencias sociales. ▮



La era del hidrógeno

Generación H

Por Gabriel Rocca | gabriel.rocca@de.fcen.uba.ar

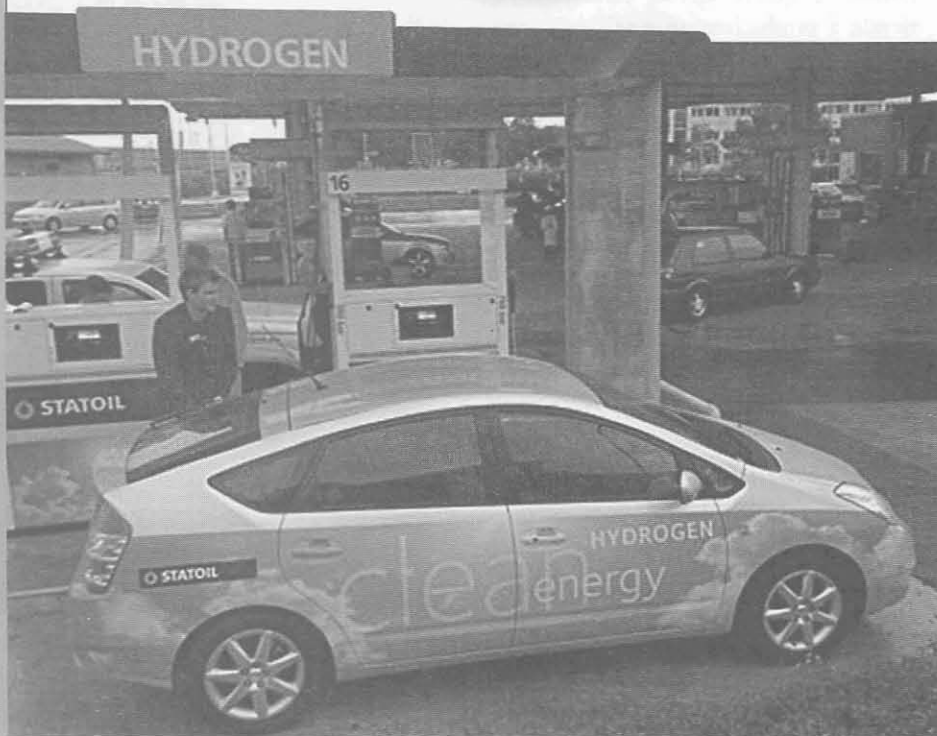
El tiempo de los combustibles fósiles está llegando a su fin. Entre las energías renovables, el hidrógeno aparece como el elemento mejor posicionado para convertirse en el combustible del futuro. En Pico Truncado, Santa Cruz, ya funciona una planta experimental.

-Pero ¿qué se quemará en vez de carbón? -preguntó Pencroff. -¡Agua! -respondió
Ciro Smith-. Agua descompuesta, sin duda, por la electricidad y que llegará a ser
entonces una fuerza poderosa y manejable. (...) Sí, amigos míos, creo que el agua
se usará un día como combustible, que el hidrógeno y el oxígeno que la constitu-
yen, utilizados aislada y simultáneamente, producirán una fuente de calor y de
luz inagotable y de una intensidad mucho mayor que la del carbón. (...) El agua
es el carbón del porvenir.

Este párrafo pertenece a la novela *La isla misteriosa*, del escritor francés Julio Verne y publicada en 1874. En la actualidad, esta idea del genial visionario ya ha dejado de formar parte del ámbito de la ciencia ficción para convertirse en una de las líneas de investigación y desarrollo más prometedoras, para reemplazar los hidrocarburos antes de que se agoten o de que dañen el planeta hasta el límite de lo irreparable.

Crónica de un ciclo agotado

En los últimos dos siglos, el uso de combustibles fósiles como principal fuente de energía ha degradado el ambiente en forma más extensa y profunda que en toda la historia previa. Millones de toneladas por día de petróleo, gas y carbón son utilizadas en el transporte, la industria y la calefacción, y los desechos de su combustión son arrojados a la atmósfera en forma de polvo, humo y gases. Estos gases, como el dióxido de carbono, son los responsables del efecto invernadero que provoca el aumento de la temperatura del planeta. De continuar esta situación, en algunas décadas la Tierra sufrirá un colapso



climático que pondría en riesgo la vida de millones de personas.

Frente a este panorama, científicos y ambientalistas de todo el mundo insisten en la necesidad de reemplazar los hidrocarburos por otras fuentes de energía, abundantes en la naturaleza, renovables, económicas y, por supuesto, no contaminantes. Entre las distintas posibilidades, el hidrógeno (H), por sus diversas cualidades, aparece como la alternativa más prometedora.

“Para empezar, el H es el elemento más abundante del universo. Pero en la Tierra no existe en forma libre, es decir, es abundante pero en combinación con otros compuestos, como el agua, la biomasa, el gas natural, el petróleo, el carbón”, explica Horacio Corti, doctor en Química de la UBA, investigador del Conicet y de la Comisión Nacional de Energía Atómica.

En la Tierra, la mayor cantidad de H disponible está en el agua, formada por moléculas que contienen un átomo de oxígeno y dos de H. Un poco más del 11 por ciento de la masa del agua es H, y se puede obtener simplemente electrolizando agua, o sea, descomponiéndola en sus átomos constituyentes por el paso de corriente eléctrica. Para separar el H se necesita energía y es ésta la razón por la cual no se lo considera una fuente primaria, sino un vector.

“Si, para realizar la electrólisis del agua, se utiliza energía solar o eólica como fuente primaria de energía, el H que se obtiene es totalmente limpio, porque después se puede quemar para producir energía eléctrica, y el único residuo es agua. Es decir que el ciclo es perfecto: uno obtiene H a partir del agua usando una energía renovable; el resultado final es recuperar una fracción importante de esa energía y como subproducto se obtiene de nuevo agua.

Es un ciclo cerrado y perfecto”, se entusiasma Corti.

Otra forma de obtener H es a partir de un proceso que se llama reformado de combustibles fósiles, por ejemplo, a partir de gas natural, petróleo, naftas y otros. Sin embargo, en este caso el H pierde uno de sus aspectos benéficos clave, dado que durante el proceso se generan emisiones de dióxido de carbono. Es decir que la “limpieza” del H como combustible depende del método por el cual se lo obtiene. Si surge a partir de fuentes de energía renovables, como la eólica, la solar y otras, no genera contaminación ambiental.

“Otra posibilidad es obtenerlo del alcohol etílico, que se produce a partir de biomasa: caña de azúcar o maíz. En este caso, en el proceso químico para producir H, se genera dióxido de carbono, pero éste se reabsorbe durante el crecimiento de la planta, en la fotosíntesis. Por lo tanto, no se incrementa la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera”, describe Miguel Laborde, doctor en Química, investigador del Conicet y Director del Laboratorio de Procesos Catalíticos de la Facultad de Ingeniería de la UBA.

Una relación íntima

El H aparece como la llave que permitiría que las fuentes renovables se conviertan en las principales abastecedoras de energía del planeta. Hasta ahora, estas formas de energía, como la eólica o la solar, son fuentes limpias pero impredecibles, y la electricidad que producen debe ser utilizada en el momento en que es generada. El H es la solución ideal para este problema, ya que permite acumular y transportar esta energía donde haga falta, desacoplando el momento de la fabricación del momento del consumo.

Y por casa ¿cómo andamos?

Nuestro país se encuentra muy bien posicionado para sumarse a esta transformación energética. Cuenta con muy buenas condiciones naturales para producir H de manera limpia: vientos en la Patagonia, energía solar en el norte, energía geotérmica, mareomotriz, biomasa.

“Argentina tiene los recursos humanos y naturales para desarrollar esta tecnología –asegura Corti-. En lo que tiene varias décadas de atraso, si nos comparamos con EEUU y Europa, es en el desarrollo de celdas de combustible y todas las tecnologías asociadas al H. Incluso estamos atrasados respecto de Brasil, donde hace muchos años que se trabaja, incluso con argentinos que han ido a desarrollar su actividad allí”.

Las autoridades han comenzado a prestarle atención a este tema y el año pasado el Congreso Nacional sancionó la Ley 26.123 de Promoción del Hidrógeno. “Yo creo que existe una voluntad política, lo que pasa es que no va acompañada con los fondos suficientes. Ahora, la Secretaría de Ciencia y Técnica incluyó el tema del H como uno de los proyectos estratégicos en el área de energía. Es un proyecto macro que nuclea a todos los que estamos trabajando en la producción, purificación, almacenamiento y transporte de H y en el desarrollo de celdas de combustible”, relata Laborde.

“Uno de los principales inconvenientes con este proyecto, que va a durar cuatro años y está financiado por la Agencia, son los recursos humanos, además de la financiación que, si bien es inédita para la Argentina, resulta escasa. Tendremos becas, pero probablemente no tendremos becarios para cubrirlos, porque hay muy pocos estudiantes que quieran hacer investigación y desarrollo en ciencias exactas y en ingeniería”, finaliza Corti.

Podría decirse que el H permite almacenar sol o viento en forma de energía química para ser usada mediante su combustión cuando y donde se lo necesite.

El H se puede almacenar básicamente en tres formas. En primer lugar, como un gas, comprimido entre 200 a 800 atmósferas (al igual que el gas natural que se usa en los vehículos). Se lo puede licuar y almacenar como un líquido, para lo cual se necesita enfriarlo a temperaturas muy bajas, del orden de los 250° C bajo cero. Por último, se lo puede guardar como un sólido, incorporándolo dentro de aleaciones metálicas que lo acumulan de la misma manera que una esponja lo hace con el agua. El H es absorbido por el metal y se produce un hidruro metálico. Luego se lo libera como un gas calentando la aleación.

Una pila de vida

El uso generalizado del H seguramente dará paso a un nuevo y particular motor que carece de piezas móviles y no hace ruido: las celdas de combustible. Este dispositivo opera básicamente como una batería común: genera electricidad y calor a partir de la combinación del H con el oxígeno.

“La forma más fácil de entender qué es una celda de combustible es compararla con una batería, por ejemplo, la que usan los autos. En estas baterías ocurren

transformaciones químicas y, como consecuencia de ellas, se produce energía eléctrica. Las sustancias que se oxidan y se reducen están dentro de la batería”, detalla Corti. Una celda de combustible es, básicamente, una batería, pero en ella las sustancias químicas que se oxidan y se reducen se introducen desde afuera. Mientras ingrese H por un lado, y oxígeno por el otro, puede seguir produciendo electricidad en forma indefinida”.

Los expertos coinciden en que las celdas de combustible son muy útiles como fuentes de energía en lugares remotos, como estaciones meteorológicas, localidades rurales y naves espaciales. También en aplicaciones de cogeneración (uso combinado de calor y electricidad) para viviendas, edificios de oficinas y fábricas. Este sistema genera energía eléctrica y, al mismo tiempo, produce aire y agua calientes. Otra clave es su uso en motores de automóviles, camiones, ómnibus, locomotoras e incluso aviones, buques y submarinos.

El H puede emplearse también como combustible en motores de combustión interna adaptados. El problema es que, al quemarse con el aire, puede producir óxidos de nitrógeno, que generan la llamada lluvia ácida. En el caso de las celdas de combustible, no hay combustión, sólo hay reacción química y el único desecho que produce es vapor de agua ciento por ciento pura.

La celda de combustible es, además, mucho más eficiente. “Un motor de combustión interna tiene, por lo general, un rendimiento de 25 a 30 por ciento, mientras que una celda de combustible alcanza, aproximadamente, un 45 a un 50 por ciento, es decir, casi el doble. Esto significa que, a igual cantidad combustible, se obtiene el doble de energía eléctrica”, puntualiza Corti.

El futuro ya llegó

Si bien el escenario descripto parece surgido de alguna novela de ciencia ficción, la realidad es que los países desarrollados vienen invirtiendo desde hace años cientos de millones de dólares en el desarrollo de esta nueva tecnología.

En principio, casi todas las grandes compañías automotrices han presentado distintos prototipos de modelos que utilizan H. Entre ellas: General Motors, Ford, Opel, BMW, Daimler-Chrysler, Honda, Hyundai, Mazda y Nissan. Hace apenas unas semanas, una camioneta Toyota, equipada con una celda de combustible, logró recorrer los 560 kilómetros que separan Osaka de Tokio, batiendo un nuevo récord de autonomía. Por otro lado, tanto Ford como BMW han desarrollado modelos que lograron una velocidad superior a los 300 kilómetros por hora. Se estima que los vehículos a H se lanzarán masivamente al mercado entre los años 2010 y 2020.

Numerosas ciudades de Europa, EEUU, Canadá y también de Brasil se encuentran realizando experiencias con diferentes modelos de ómnibus impulsados con H. En el aeropuerto de Munich, Alemania, los micros que transportan a las personas desde las terminales hasta los aviones utilizan H.

Y hay más noticias: Canadá anunció que en el 2009 inaugurará la primera autopista del mundo con una red de estaciones de servicio de H para abastecer a una flota de 20 autobuses que circularán por ella. Se espera que para el 2010 llegue hasta San Diego, en EEUU.

En 2003 Islandia inauguró la primera estación de combustible de H en el mundo. Está siendo utilizada para



Uno de los tres ómnibus Daimler-Chrysler, impulsado por un motor alimentado con hidrógeno gaseoso, que circula de manera experimental por las calles de Reykiavik, capital de Islandia.



Planta experimental de hidrógeno de Pico Truncado.

Vientos del sur

En el noreste de la provincia de Santa Cruz, funciona la Planta Experimental de Hidrógeno de Pico Truncado. Inaugurada el 7 de diciembre de 2005, el objeto de esta planta, única en su tipo en América Latina, es la producción, investigación, desarrollo, divulgación y capacitación sobre los usos del H como combustible.

La planta, que es abastecida de electricidad desde un parque eólico cercano, cuenta con un módulo de producción electrolítica de H, a través de un electrolizador de baja potencia, donado por la Universidad de Québec. A mediados de enero de 2005 se realizó con éxito la primera obtención de H por electrólisis del agua a partir de energía eólica. Actualmente, el H que se produce pasa por cañerías de baja presión hacia los sectores de experimentación de la planta, y se lo almacena como gas a presión, en compresores que cuentan con el equipamiento para la carga de vehículos.

“Se está trabajando con diversos prototipos: en el taller tenemos el grupo electrógeno que ya funciona y se está optimizando. Contamos con un automóvil con motor híbrido, que puede funcionar a nafta e H. También experimentamos con motores móviles y estacionarios, celdas de combustible, almacenadores sólidos en forma de hidruros y quemadores catalíticos”, relata Mabel Herrera, licenciada en Física, que se encuentra a cargo del departamento técnico y de capacitación.

Desde el punto de vista productivo, el proyecto tiene como objetivo proveer de H a dos automóviles municipales. “Esos vehículos tendrán motores híbridos, y vendrán a la planta a cargar H. En estos momentos, los motores se encuentran en una fase de prueba. El año que viene ya podrían estar funcionando”, sostiene Herrera.

Otra de las iniciativas en marcha, junto con otras instituciones como el ITBA, CITEFA y la Universidad de La Plata, es el desarrollo del Módulo Argentino de Energía Limpia, compuesto por un pequeño aerogenerador (molino), un electrolizador y un grupo electrógeno, que se llevará a la Antártida para probarlo en condiciones extremas durante un año. “La idea es alimentar de energía eléctrica una de las bases –se entusiasma Herrera-. Una vez pasada la prueba, ya se podría normatizar, y empezar a fabricar equipos para la venta, que serían muy útiles para proveer de electricidad a sistemas aislados, como cascos de estancia y otros”.

Para Herrera, en la planta están todas las condiciones dadas, tanto técnicas como humanas, para pasar a una etapa semi-industrial, sólo se requiere la decisión política. “Falta apoyo y fondos. La ley nacional está, pero falta una firma para que se liberen los recursos. La planta hoy se sostiene con fondos de la provincia, que surgen de un convenio que termina muy pronto. De todas formas, somos optimistas. Optimistas y aventureros”, confiesa, con ironía.

abastecer 3 autobuses en un plan por el cual ese país se propone ser el primero en abastecerse totalmente de fuentes de energía renovables para el año 2030.

Desde ya que el desarrollo de una economía basada en el H debe superar todavía numerosos inconvenientes. “Los vehículos a H son mucho más caros que los convencionales, aunque se trata básicamente de un problema de escala de producción. También se debe mejorar mucho la durabilidad de las celdas de combustible, que hoy se calcula en unas 3 mil horas, lo que representa aproximadamente dos años de uso de un automóvil”, afirma Corti, y subraya: “Pero yo creo que esos tiempos de vida útil se van a ir extendiendo rápidamente”.

Para Laborde, el camino a seguir resulta claro: “No hay que esperar que los hidrocarburos se agoten para dejar de usarlos. Los estados deberían implementar políticas activas para fomentar e impulsar el uso de energías renovables, penalizando, por ejemplo, la utilización de tecnologías que emitan dióxido de carbono. De esta manera, la brecha económica se empezaría a reducir y facilitaría el paso de una tecnología a otra. Si dejamos esta decisión en manos del mercado, la situación ecológica del planeta puede complicarse mucho en las próximas décadas”.

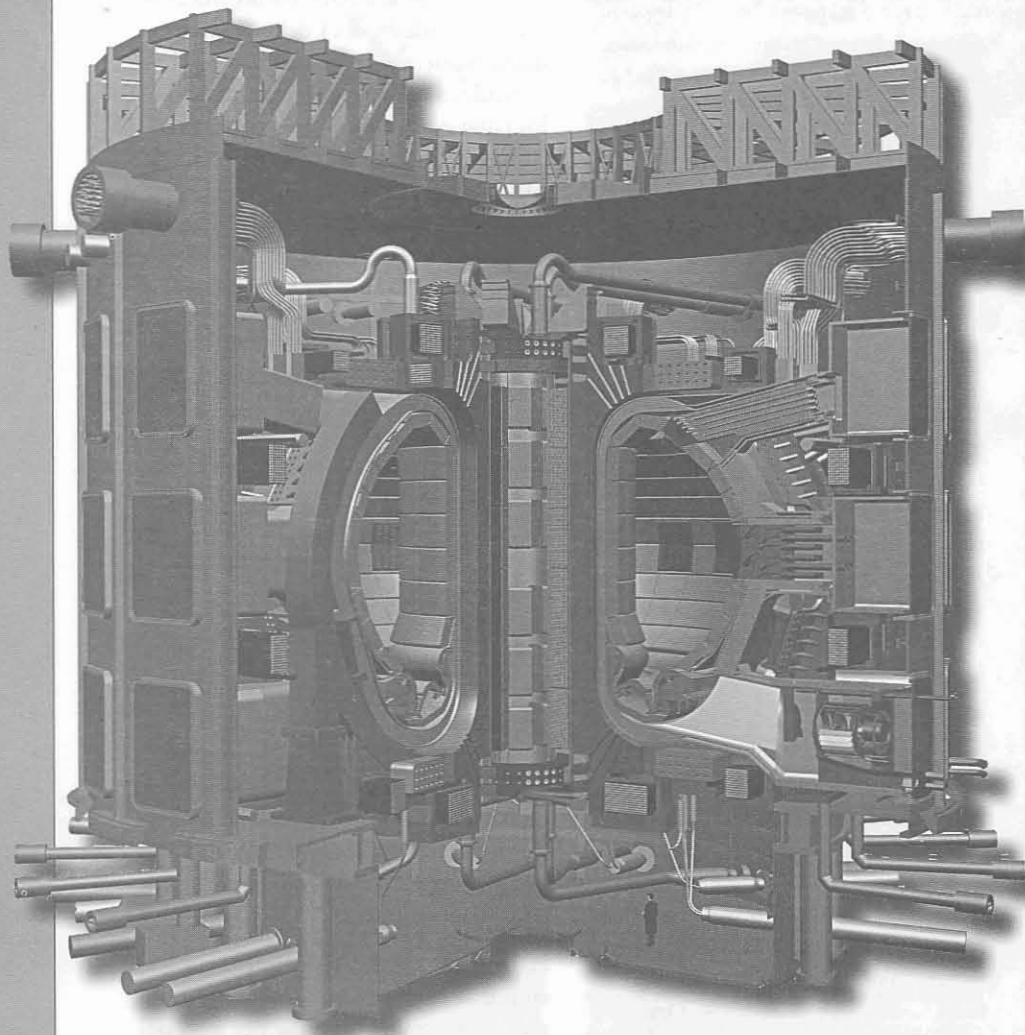
Hace poco alguien muy cercano a las empresas energéticas dijo: “la edad de piedra se terminó y no fue por falta de piedras”. **■**

Fusión nuclear

A brillar, reactor

Por Mercedes Pérez Recalde | mercedesperezrecalde@yahoo.com.ar

Para algunos especialistas, la energía que se genera al fusionarse dos núcleos atómicos -proceso que ocurre constantemente en el Sol- es una de las claves para producir energía eléctrica en el futuro. En la actualidad, los países desarrollados apuestan con enormes inversiones a la fusión nuclear, aunque todavía hay más dudas que certezas.



Corte esquemático del reactor ITER, que se construye en Caradache, sur de Francia.

Si el confort y la industrialización vencen definitivamente la pulseada por el modo de vivir de la mayor parte de la humanidad, los medios actuales de provisión de energía eléctrica no siempre serán suficientes y exigen pensar en nuevas alternativas para el futuro. Una que parecería prometer es la que postula aprovechar la energía desprendida durante la fusión de núcleos atómicos. En la práctica, implicaría disponer de átomos livianos -como los de hidrógeno, el elemento con núcleo de menor tamaño- y acondicionarlos en reactores, a temperaturas de millones de grados, necesarias para que ocurra la fusión. De ésta resultarían núcleos más grandes y una diferencia de energía aprovechable para ser convertida en electricidad. En honor a la verdad, ese "caldo" de núcleos y electrones a temperaturas superiores a los 150 millones de grados intenta nada menos que reproducir el estado de *plasma* que se observa en el Sol. En el astro, como en todas las estrellas, las reacciones de fusión nuclear son cotidianas.

Más allá del desafío de imitar al Sol, la necesidad de innovar en recursos energéticos hace que la fusión nuclear se estudie en muchas universidades a pequeña escala y en forma teórica. Pero el proyecto de construir un reactor experimental está tomando forma gracias a la descomunal inversión -diez mil millones de euros durante los próximos 30 años- que la Unión Europea, Rusia, India, Japón, Corea del Sur, China y EEUU están realizando en el llamado proyecto ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor), cuya construcción comenzó en 2006, en la ciudad de Caradache, en el sur de Francia.

El ingeniero mecánico Federico Casci es italiano y trabaja en Barcelona en la EFDA (European Fusion Development Agreement) para el proyecto ITER. Casci justifica la enorme inversión que se está realizando: "Este es el próximo paso en fusión para demostrar su factibilidad técnica y científica; esperamos del ITER la respuesta final a si la fusión puede ser considerada una futura fuente de energía. Al tratarse de la misma pregunta clave para todos los países que vienen trabajando en el tema, se decidió financiar juntos un único proyecto en lugar de que cada uno construya su propio reactor".

La idea de obtener energía a partir de reacciones entre átomos no es novedosa. En efecto, en todo el mundo funcionan centrales que se alimentan de reacciones nucleares, pero de *fisión* (ver "De la bomba al reactor"). El hecho es que también al romperse núcleos grandes en otros más pequeños se desprende energía en cantidad. Las centrales de Atucha y Embalse son

De la bomba a al reactor

Ambas reacciones nucleares, fusión y fisión, manipuladas por el hombre, tuvieron un debut nada genial: en forma de bombas experimentales. La primera bomba de fisión fue detonada en 1945 y en menos de diez años se logró controlar la fisión en reactores, lo que dio origen a la primera central nuclear comercial en 1954, en Rusia. El recorrido de la fusión es diferente: la primera bomba se hizo detonar en 1952, pero todavía no se logra obtener energía controlando las fusiones. Argentina fue el primer país que contó con un proyecto oficial para el uso pacífico de la fusión nuclear, por iniciativa de Juan Domingo Perón. Si bien el intento de "Isla Huemul" no resultó y se desactivó en 1952, en ese momento comenzaron sus proyectos EEUU e Inglaterra.

ejemplos en la Argentina de este tipo de energía nuclear, y ambas abastecen aproximadamente el 10 por ciento del consumo energético nacional (ver *Exactamente* nro. 36). ¿Por qué tanta inversión, entonces, para buscarle la vuelta a la energía nuclear? En este sentido, hay dos puntos importantes: la abundancia natural de los núcleos que se usan como materia prima, y el tipo de residuos que dejan como herencia al medio ambiente.

De fusiones y fisiones

Mientras que, para la fisión, se utiliza uranio u otros núcleos pesados de abundancia limitada, para obtener energía por reacciones de fusión los candidatos más firmes son las variantes —isótopos— del hidrógeno. Este elemento forma parte de la molécula de agua, lo cual lo convierte en un recurso sumamente generoso si se piensa que se utilizaría el agua del mar. Específicamente, el isótopo a extraer del mar sería el *deuterio*, que en su núcleo cuenta con un protón y un neutrón (a diferencia del hidrógeno más común, que sólo posee un solo protón), y es en él donde están puestas casi todas las miradas hoy en las investigaciones. Es muy probable que en un principio también se utilice el isótopo radiactivo del hidrógeno, el tritio, que posee en su núcleo dos neutrones además del protón.

La otra diferencia entre centrales alimentadas por fisión y por fusión, que tiene que ver con los residuos, también da ventaja a las segundas. Las centrales de fusión no dejarían desechos contaminantes y, en su modelo más perfeccionado —que no emplea tritio—, no representarían ninguna amenaza para el medio ambiente. Sucede que, mientras se use el núcleo radiactivo, si bien no se dejarían residuos contaminantes, exis-

tirían los riesgos por la manipulación de ese recurso. Por ello, la reacción a la que se pretende apuntar en el futuro es la fusión deuterio-deuterio.

Este modelo de energía limpia es impensable para las centrales de fisión, cuyos residuos radiactivos se generan sin excepción y, si bien están contenidos, constituyen un problema potencial para las próximas generaciones. En el caso de la combustión fósil o de gas natural, sus contaminantes no son radioactivos, pero interfieren en el medio ambiente, pues aumentan la concentración de gases, como el dióxido de carbono, por lo que tampoco se trata de energías limpias.

La clave es confinar

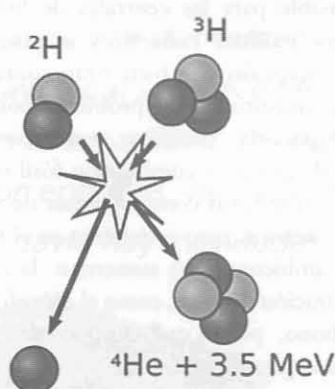
En el pabellón I de la FCEyN funciona el Instituto de Física del Plasma, que depende del CONICET y de la UBA. Entre los diversos equipos de investigación que lo componen, se encuentra el *Grupo de simulaciones numéricas del plasma*, dirigido por el doctor en Física Luis Bilbao, quien desde hace 16 años se encuentra abocado a simulaciones numéricas en fusión nuclear.

Según Bilbao, "casi seguramente la fusión será la energía del futuro: por un lado, las fuentes de energías no renovables se irán agotando y, por el otro, las energías renovables como la eólica y la hidráulica no alcanzan para cubrir las demandas totales". Y agrega: "Si bien no es una energía renovable, se basa en un recurso sumamente abundante, porque el deuterio lo extrae del agua de mar".

Lo cierto es que conseguir reacciones de fusión en laboratorio es relativamente simple, asegura Bilbao, que es profesor en el Departamento de Física de la FCEyN. El inconveniente, desde el punto de vista energético, es que se

Fusión nuclear

A brill



La fusión de dos isótopos de hidrógeno (Deuterio y Tritio) da como resultado un núcleo de helio, un neutrón como subproducto y la liberación de una gran cantidad de energía.

La reserva del mar

La abundancia natural del deuterio es 1 en 6500; por consiguiente, de cada 6500 átomos de hidrógeno que hay en el mar, 1 corresponde a ese isótopo. De acuerdo a la energía liberada en la fusión deuterio-deuterio, se estima que podrían obtenerse hasta 2 GJ (giga Joule) por cada kilo de agua. Este rendimiento en Joule para 1 kg de agua es similar al que se obtiene de la combustión de 40 kg de nafta.

Por otra parte, para tener una idea acabada del poder energético de las reacciones nucleares con hidrógeno como materia prima, sirve la comparación que asegura que toda la masa de agua contenida en el mar podría proveer un millón de veces más energía que todos los recursos no renovables conocidos juntos (incluyendo petróleo, gas natural y uranio).

requiere dar más energía al plasma de lo que finalmente se recupera. Es decir, se gasta más energía de la que se obtiene.

El hecho es que, para lograr la fusión, hay que alcanzar temperaturas de más de cien millones de grados. Pero ¿es fácil de lograr y de controlar? El problema fundamental es que no hay recipiente que soporte tanto calor. Por ello, afirma Bilbao: "el plasma necesita estar confinado; es decir, mantenido en una región del espacio, sin que se expanda o comprima, ni se destruya durante el tiempo necesario".

En otras palabras, la temperatura se logra, pero lo dificultoso es el confinamiento, que demanda una enorme cantidad de energía. Los esfuerzos actuales están centrados en poder confinar el plasma por un tiempo lo suficientemente largo, lograr que posea una densidad alta, y a la temperatura adecuada. "Sucede que, hasta el momento, las tres cosas a la vez no se han podido lograr", admite el investigador.

¿Cuáles son las propuestas para lograr ese confinamiento del plasma? Al respecto, se están investigando tres líneas principales. Una de ellas, la que más se trabaja en la actualidad, es la de "confinamiento magnético". "Se confina el plasma en el núcleo del reactor, con un campo magnético", explica. Este modelo es el que corresponde al equipo Tokamak, el que se usará en el proyecto ITER.

Este sistema ya se probó en el reactor JET, ubicado en Gran Bretaña, y el más grande en la actualidad. "En este reactor se logró algo importante: se obtuvo tanta energía como la que se le entregó, lo cual fue sumamente alentador", señala Bilbao. Sobre la base de esos resultados se encaró el proyecto ITER. Sin embargo, lo paradójico de esta enorme inversión, es que ese reactor quizá pueda ser utilizado en forma comercial recién dentro de unos cien años.

Otra línea de investigación es la de "confinamiento inercial". La tercera es una línea intermedia entre ambas, que plantea un confinamiento transitorio del plasma. En la actualidad la mayoría de las investigaciones están orientadas al Tokamak, es decir, al confinamiento mediante un campo magnético.

Cuestión de tiempo

Todavía pasarán varias décadas antes de saber si funcionará o no una central basada en fusión. El ingeniero Casci se muestra optimista: "Podría pasar que no funcione, porque hay muchos desafíos en cuanto a la factibilidad técnica del proyecto", reconoce, y luego subraya: "Pero el riesgo es mínimo si se piensa en los buenos resultados obtenidos en el reactor JET en Inglaterra, hace diez años, que mostraron que se estaba en la dirección correcta. En realidad, la prueba del ITER es mucho más pequeña en comparación con el paso que se dio en aquel momento".

¿Y si de todos modos no funciona? Casci arriesga: "En lugar de usar el confinamiento magnético se intentaría entonces con el confinamiento inercial (con láser), pero en realidad la fusión magnética es el tratamiento más avanzado".

Mucho esfuerzo, mucho dinero. Es evidente que los países desarrollados no quieren verse limitados en materia de energía. "La fusión es una de las opciones en el futuro, pero no la única", afirma Casci, y propone: "Es importante desarrollar una amplia gama de tecnologías, para tener opciones, y que estén disponibles para comercializarlas de acuerdo a los requerimientos de los usuarios".

Según el especialista, la fusión sería buena como fuente de electricidad en reemplazo de los grandes proveedores, como el petróleo, o incluso las plantas de fisión. "Los reactores de fusión podrían usarse en áreas metropolitanas en donde la demanda de energía es grande. Pero en áreas pequeñas o más alejadas, probablemente la energía eólica o la solar, o la biomasa sean lo más recomendable", reflexiona.

Mientras las investigaciones avanzan, la humanidad sigue un estilo de vida que demanda, cada vez, un mayor consumo diario de energía. Pero ¿podríamos pensar un mundo con limitada energía eléctrica? Por el momento parece más sencillo confinar plasma en un reactor que responder a esa pregunta. **■**

¿Cuánto consumiremos?

Por Susana Gallardo | sgallardo@de.fcen.uba.ar

El país crece, pero también sube la demanda de energía. ¿Cómo enfrentar esa situación? Para desarrollar políticas, hay que saber cuánto aumentará el consumo en las próximas décadas. Un físico de Exactas desarrolló un modelo que permite pronosticar que la demanda de electricidad se duplicará en unos diez años y la de gas natural, en unos 20 años, si no se adoptan medidas de ahorro.

Cuando llega el invierno, una pregunta obligada es si tendremos suficiente gas para calefaccionar nuestras casas. El invierno de 2007 fue uno de los más fríos de los últimos años, y la falta de gas se hizo sentir. Pero cuando llega el verano, las perspectivas pueden ser peores. Cuando se encienden los acondicionadores de aire, podemos quedarnos a oscuras.

Lo cierto es que la demanda de gas y electricidad está en aumento, y ello es un indicio de que el país crece. Pero ¿cómo se hará frente a esta nueva situación?

El desarrollo de una política energética requiere disponer de modelos confiables que permitan predecir el consumo en el corto plazo (unos pocos días) y también a largo plazo, por ejemplo, una década. Al respecto, el doctor Salvador Gil, profesor en el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) de la UBA desarrolló modelos para predecir la evolución del consumo de electricidad y de gas que posibilitan elaborar planes de ampliación de la infraestructura y así responder a las crecientes demandas.

Según señala Gil, "si el país registra un crecimiento moderado, con una variación promedio del PBI del 4,2 por ciento, el consumo de gas se duplicaría recién en 24 años". El consumo de electricidad, sin embargo, se duplicará en mucho menos tiempo: una década, siempre y cuando las tendencias actuales no se modifiquen.

Para proyectar el consumo medio anual de electricidad, se consideran tres variables: el tiempo, el producto bruto interno (PBI) y su promedio en los tres años previos. Es claro que una mayor actividad económica requiere un mayor



uso de energía. Asimismo, luego de una etapa de expansión económica, los artefactos y maquinarias adquiridos por los usuarios siguen generando demanda. "El consumo de energía tiene cierta 'inercia' y, aun en períodos de recesión, no disminuye en la misma proporción que lo hace el PBI", explica Gil, también profesor de la Universidad de San Martín y consultor del Enargas. El hecho es que la demanda eléctrica crece un 40 por ciento más rápido que la variación del PBI. Por otra parte, con el tiempo la población aumenta, lo que incide en el gasto.

El consumo eléctrico, entre 1970 y 2001, se cuadruplicó, mientras que el PBI sólo aumentó un 75 por ciento en el mismo período. En cambio, en Estados Unidos, entre 1976 y 2005 el consumo eléctrico se duplicó, y el PBI aumentó un 245 por ciento. "Estos datos sugieren que es posible y deseable hacer un uso más eficiente de los recursos energéticos", subraya Gil.

Por otro lado, en los últimos quince

años hubo un gran crecimiento de la generación térmica sobre las otras formas de producir energía. En especial, se incrementó el uso del gas, acompañado por la aparición de una tecnología nueva de generación de electricidad: la de ciclo combinado. (Ver *Exactamente* n° 36).

En la década de 1970, la Argentina dependía en un 62 por ciento del petróleo y solo un 15 por ciento del gas natural. Pero a partir de 2002 el gas natural se convierte en la fuente primaria más importante del país: un 48 por ciento frente a un 42 por ciento del petróleo.

El consumo de gas

¿Cómo surge la idea de proyectar el consumo futuro de gas? "Comencé con esta tarea por solicitud del Ente Nacional Regulador del Gas (Enargas), que necesitaba una predicción a corto plazo para saber qué carga efectuar en los gasoductos para evitar posibles desabastecimientos", explica. Desde las cuencas, ubicadas a más de 2.000 kilómetros de Buenos Aires, el gas tarda unos dos días en llegar, que es el tiempo requerido para realizar las operaciones para el transporte. "Luego surgió la necesidad de pronósticos a más largo plazo", comenta Gil.

Para realizar proyecciones confiables, era necesario, en primer lugar, analizar el consumo de gas natural en el país, sobre la base de los datos históricos y determinar qué variables explicativas son las más relevantes.

Además, hay que tener en cuenta que los diversos tipos de consumo (residencial, comercial, industrial) se comportan de manera diferente a lo largo del año. Por un lado, los consumos residenciales y comerciales varían en

función de la temperatura y el número de usuarios, y son independientes del contexto económico. El consumo residencial, a alta temperatura, tiende a un valor constante, ya que su uso se reduce a cocción y calentamiento de agua. A medida que la temperatura baja, el consumo aumenta, sobre todo, por el uso de calefacción. Finalmente, cuando toda la calefacción está encendida, el gasto se estabiliza.

Por otro lado, el consumo de las industrias y las centrales eléctricas no depende de la temperatura, y se vincula al contexto económico. Las centrales térmicas tienden a generar electricidad en forma constante a lo largo del año, por lo tanto consumen todo el gas que tienen disponible. Otro componente de la demanda de gas es el GNC, que representa un 12 por ciento del consumo total de gas. Su empleo se inició en 1984 y hoy la Argentina es el país con el mayor parque automotor impulsado a GNC, con un total de 1.400.000 vehículos (el 20 por ciento del total).

Otro dato que se considera en los cálculos es la posible evolución del PBI. "Para ello, se proponen diversos escenarios de crecimiento para los próximos treinta años, y se obtienen proyecciones de demanda de energía según el escenario supuesto", explica Gil.

A la española

El crecimiento promedio de Argentina en los últimos 30 años fue de 1,6 por ciento, es decir, inferior al aumento de la población, que alcanzó el 1,9 por ciento. Para el futuro, se puede pensar en diferentes alternativas de crecimiento, algunas pesimistas, otras muy optimistas, y otras intermedias. Con una perspectiva pesimista, se puede proyectar un crecimiento del 2,4 por





ciento. Una alternativa muy optimista, "a la China", sería de un 6,3 por ciento. "Un modelo más realista es considerar un promedio del 4 por ciento, 'a la española'", estima Gil.

Precisamente, con un crecimiento estimado del 4 por ciento, el investigador pronostica que la demanda de electricidad se duplicará en unos diez años, y la de gas, en alrededor de veinte.

La solución: el ahorro

Para hacer frente a una mayor demanda de energía hay diferentes respuestas. Un camino es explorar nuevos yacimientos de gas y petróleo, construir nuevas centrales eléctricas, nucleares, hidroeléctricas o eólicas. Otro es usar en forma más eficiente la energía disponible. "Suele pensarse que la única forma de crecer es mediante el aumento del consumo de energía; sin embargo, uno puede crecer sin aumentar el consumo", sostiene el investigador, y enfatiza: "El ahorro de energía y la eficiencia en su uso son las opciones más económicas y rápidas de implementar, además de ser las más amigables con el medio ambiente."

Alemania proyecta crecer en los próximos años, pero su plan energético prevé disminuir el consumo de energía, haciendo más eficiente el sistema, y buscar energías alternativas, apostando a la energía eólica.

La matriz energética argentina, es decir, la distribución de las distintas fuentes de energía que se emplean en el país, tiene una gran dependencia de los combustibles fósiles: el petróleo y el gas alcanzan el 90 por ciento de la energía que producimos y consumimos.

Actualmente existe un consenso en diversificar esas fuentes y limitar la ge-

neración térmica al 50 por ciento del total. "Desde nuestro punto de vista, la oferta eléctrica con fuentes primarias distintas del gas natural, como la nuclear, la hidroeléctrica y la eólica, debería incrementarse para suplir el otro 50 por ciento de la demanda no abastecida por el gas natural", indica Gil.

Por otra parte, dado que la eficiencia del gas para producir electricidad es del 50 por ciento, lo que se pierde como calor podría aprovecharse, ya sea para calentamiento de agua, o para el secado de granos o de especias. La instalación de secadores en predios aledaños a una central de gas permitiría generar ahorro y no desperdiciar energía.

Un concepto relevante es el de *intensidad energética*, que, según explica el investigador, es la cantidad de energía que se emplea para producir una unidad de PBI, y se vincula a la eficiencia con que se usa la energía. "Este valor, o sea la energía necesaria para producir un dólar, se obtiene de dividir el PBI por la cantidad de energía utilizada en el país. Un objetivo deseable sería disminuir la intensidad energética como lo hacen muchos países", señala, y recalca: "Si necesitamos cada vez más energía para producir un dólar, tal vez estemos transitando por el camino equivocado", señala Gil.

Una clave es el ahorro. En los Estados Unidos, en los años 70, con el aumento del precio del petróleo, los autos redujeron el tamaño y se mejoró la eficiencia. Pero, cuando bajó el precio del petróleo, la población se olvidó del ahorro. Surgieron, por ejemplo, los vehículos cuatro por cuatro, grandes consumidores de energía.

"En nuestro país, los precios bajos estimulan el consumo", sentencia Gil. Luego de la devaluación, sumado al

aumento del precio internacional del petróleo, creció la brecha entre el valor internacional y el local.

El hecho de que el gas sea barato en la Argentina no significa que lo sea para todos. Precisamente, es caro para los sectores de menores ingresos que viven fuera de las redes de gas. "El precio actual del gas es un subsidio a las clases medias y altas", afirma.

Por el contrario, quienes no acceden al gas de red, y tienen que comprarlo en garrafas, pagan valores casi diez veces más altos por la misma cantidad de energía. Si usan carbón de madera, también pagan más caro, unas cinco veces más.

¿Cómo tener una política más racional? "Hay tecnología suficiente para reducir el consumo y hacer más eficiente el uso de la energía. Pero, con los precios actuales, nadie se preocupa por ahorrar". Por ejemplo, en el sur de Argentina, donde hay subsidios importantes para el gas, se observa que los consumos específicos son el doble del resto del país. "Esto muestra que los subsidios distorsionan y estimulan el consumo innecesario", sentencia Gil.

En síntesis, el país crece y, sin una política que estimule el ahorro, el consumo de energía aumenta. Con una duplicación en diez años de la demanda eléctrica habrá que buscar soluciones. El cambio de la matriz energética, con un mayor aporte de energía nuclear y eólica, es una posibilidad atractiva, ya que además estimula el desarrollo tecnológico e industrial. Asimismo es preciso incentivar el ahorro y el consumo racional.

"En 2004, cuando se implementó un plan de uso racional de la energía (PURE), hubo una gran expectativa social y se logró bajar el consumo de gas en un 10 por ciento. Parece poco, pero la importación de gas de Bolivia es inferior a ese valor. Es decir, con ese mínimo ahorro, sería innecesario importar. Después de los primeros meses del plan, los usuarios retomaron sus hábitos usuales de consumo y se dejó de producir ahorro. Lo remarcable es que esta experiencia demostró que el ahorro es posible", concluye Gil. ■

El manto terrestre ¿es líquido o es sólido?

Responde el doctor José Sellés-Martínez, investigador del Departamento de Ciencias Geológicas de la FCEyN.

El conocimiento del interior de la Tierra escapa totalmente a la observación directa de los geólogos y geofísicos. Las perforaciones no han llegado más allá de los 15 kilómetros de profundidad, un simple rasguño en la parte más externa de un planeta cuyo radio supera los 6.300 kilómetros. Pero ¿cómo saben los científicos cuál es la estructura interna del planeta, cuál es su composición, cuál el estado de los materiales que allí se encuentran?

Las fuentes de información son pocas, pero han brindado resultados muy confiables. El estudio de los meteoritos, la medición de la gravedad y el estudio de las ondas que se generan cada vez que ocurre un terremoto, han proporcionado los datos básicos para construir los modelos del interior terrestre. Sin embargo, y a pesar de que mucha de esta información aparece en los diarios y la televisión cada vez que hay erupciones volcánicas

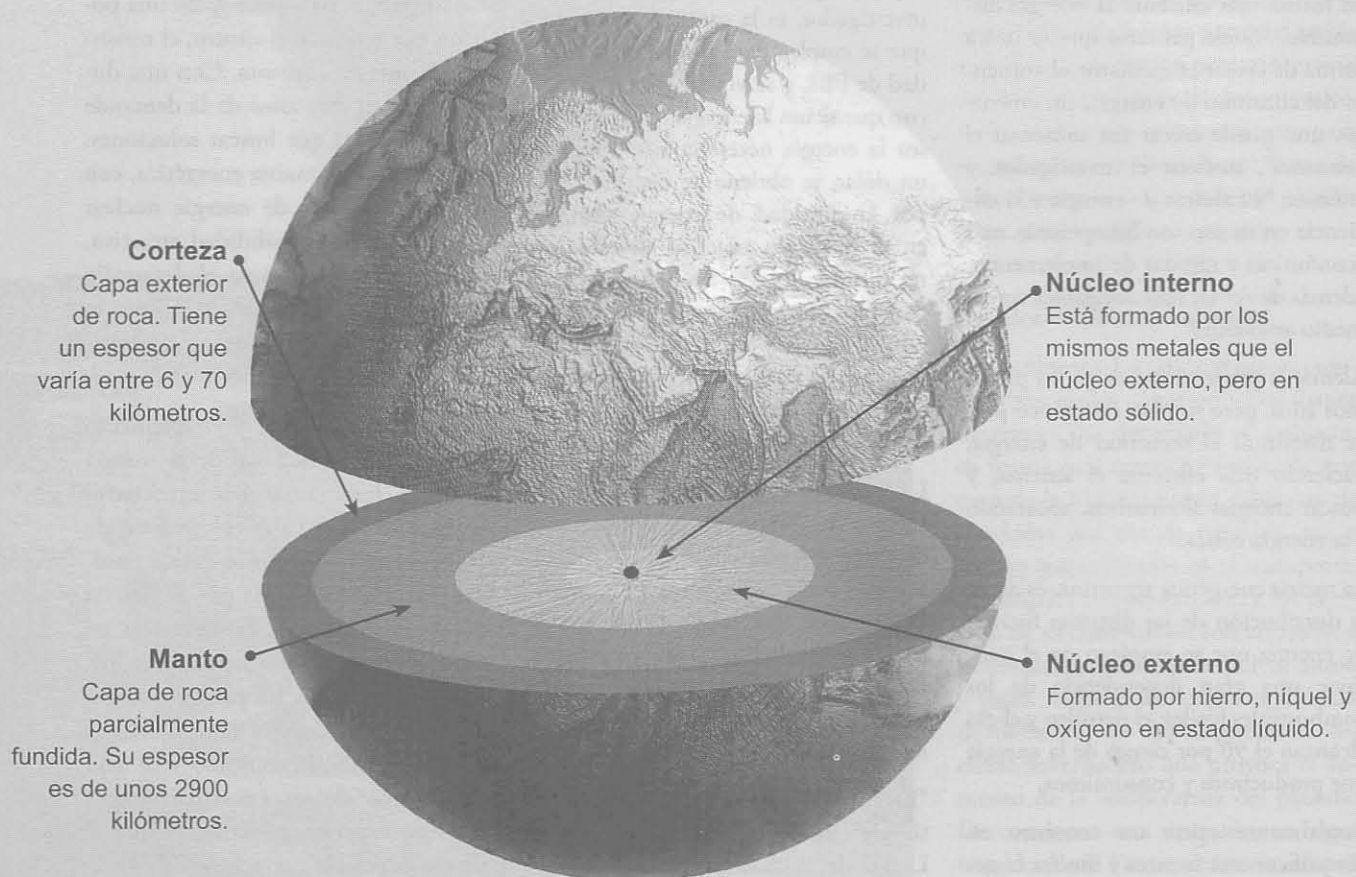
o terremotos importantes, persisten en el conocimiento popular algunos errores. El más difundido entre ellos es pensar que el material que se extiende por debajo de la corteza terrestre, el manto, se encuentra fundido y que desde este inmenso repositorio de magma se alimentan todos los volcanes. La realidad es muy diferente.

El manto es sólido, tan sólido como las rocas que observamos en la superficie. Sólo en algunos lugares, en estrechas fisuras y en pequeños espacios entre los cristales minerales aparece algo de material fundido. La mayoría de los volcanes, por otra parte, no se alimentan de material fundido proveniente del manto, sino que lo hacen de las denominadas "cámaras magmáticas" que se encuentran dentro de la misma corteza y en las cuales sí se encuentra el magma formando enormes masas de material fundido.



CORTE DE LA TIERRA

La Tierra está formada por diferentes capas alrededor de un núcleo de hierro y níquel. Cuanto más profunda es la capa, mayor es la temperatura.



¿Cuántos genes hacen falta para hacer un ser humano?

Paula Cramer, investigadora del CONICET y docente del Depto. de Fisiología, Biología Molecular y Celular.

Cuando en 2001 se obtuvo la secuencia completa del genoma humano, fue una gran sorpresa descubrir que nuestra especie parece arreglárselas con menos de 30.000 genes, en vez de los 100.000 que se esperaban, en función de la diversidad de proteínas que producimos.

En general, el grado de complejidad anatómica de una especie se refleja en su complejidad bioquímica y en el tamaño de su genoma. Así, los virus y los organismos unicelulares -como las bacterias o las levaduras- suelen tener genomas muy pequeños. Un gusano muy usado en investigación, de 1 mm de longitud y compuesto tan sólo de unas mil células, contiene unos 20.000 genes. ¿Cómo se explica que tengamos un número de genes tan similar al del gusano? Al menos, parte de la respuesta parece consistir en el modo en que expresamos nuestros genes.

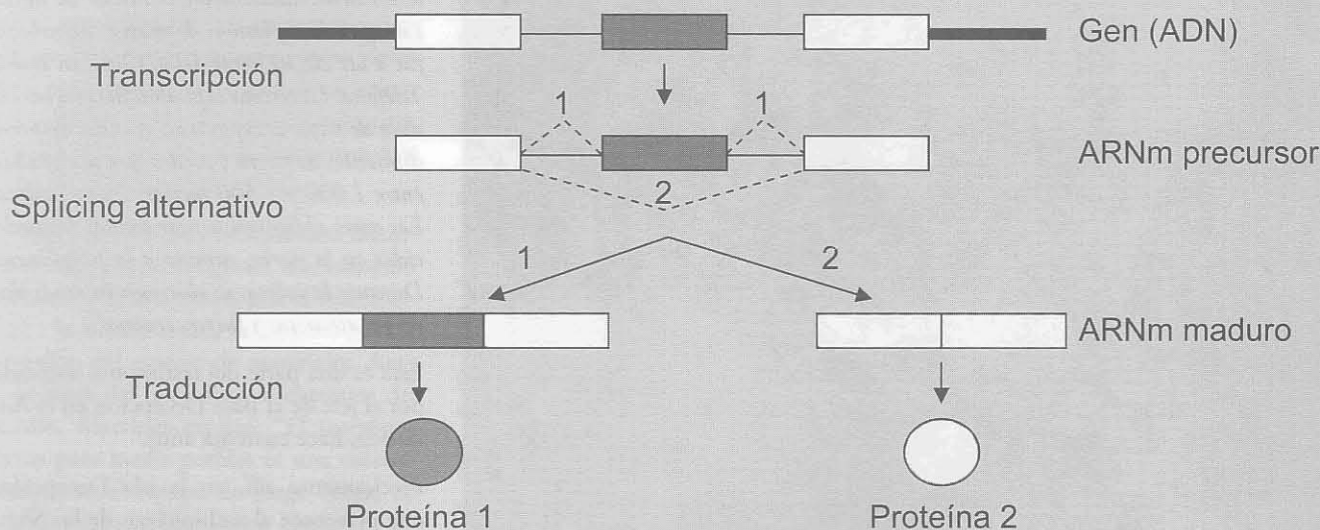
En los organismos pluricelulares, todas las

células tienen básicamente los mismos genes, pero difieren en cuáles están “encendidos” en un momento dado. Cuando un gen se expresa, se genera una copia de él en forma de ARN mensajero, que contiene el código para fabricar una proteína específica. Antes de traducirse en proteína, este ARNm precursor pierde algunas regiones internas, los intrones. Pero otras permanecen, son los exones. Este proceso de corte y empalme se denomina *splicing*. Sin embargo, unas veces, algunos exones también son eliminados y, otras, los intrones quedan retenidos. En síntesis, un mismo ARN mensajero precursor puede sufrir la eliminación de diferentes combinaciones de exones y/o intrones, por *splicing* alternativo. Así, se tendrán diferentes versiones de ARN mensajero, que darán lugar a proteínas que difieren en su localización, propiedades o abundancia. De esta manera, un único gen puede generar diversas proteínas.



Si comparamos al gen con un libro, los exones serían capítulos de un relato que cobra distinto significado según se lean todos de corrido o algunos se salteen, tal como ocurre con la novela *Rayuela*, de Julio Cortázar.

Un ejemplo extremo de este mecanismo es un gen particular de la mosca de la fruta, capaz de expresar más de 38.000 variantes proteicas por *splicing* alternativo, ¡el doble del número total de genes de la mosca! Curiosamente, mientras que el gusano y las levaduras hacen un uso muy limitado de esta estrategia, la mayoría de los genes humanos genera variantes de ARNm por ese mecanismo. Ello explica entonces, y al menos en parte, la aparente discordancia entre nuestra diversidad bioquímica y el modesto repertorio de genes.



El *splicing* alternativo genera distintas variantes de ARNm, lo cual a veces determina distintas proteínas.

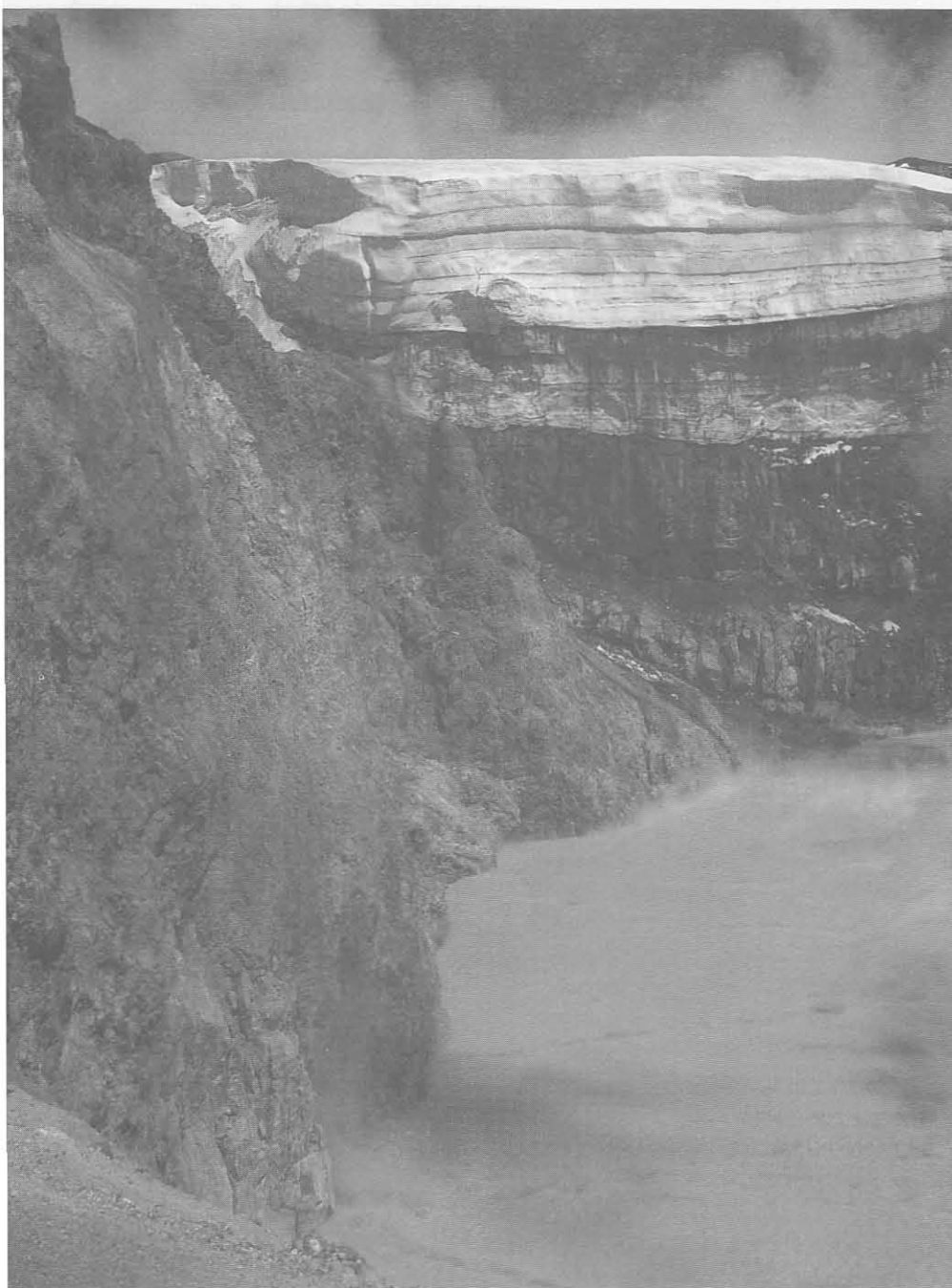
Las cajas grises y blancas representan los exones.

Las líneas negras delgadas, los intrones.

Volcanes en red

Cecilia Draghi | cdraghi@de.fcen.uba.ar

El Copahue, el Lanín y el Decepción son seguidos de cerca por investigadores nacionales, en conjunto con grupos internacionales, para saber cómo funcionan y poder así anticiparse a una erupción. El próximo objetivo es incluir el Peteroa, ubicado al sur de Mendoza.



"A las 17:30 horas del 4/12/67, tuvimos el sismo más fuerte detectado en el año, con los siguientes efectos: detención de estación transmisora, caída de tulipas de luz en la casa, caída de víveres y tubos de acetileno de casa de emergencia, derrumbe de Punta Murature y Punta Buen Tiempo.

La primera erupción fue con emanación grande de vapor e, inmediatamente, expulsión de lava al aire en forma violenta, ceniza y vapor sulfuroso. Al percibir que los vapores sulfurosos aumentaron, se inició el abandono de la Base. Las bombas volcánicas alcanzan alturas de 1.500 a 2.000 metros, y posteriormente alcanzaron 6 millas al norte. La segunda explosión, de mayor intensidad, fue a las 20:30 horas del 4/12/67 en Bahía Teléfono. La tercera explosión fue con encendido de vapores explosivos, grandes desprendimientos de tierra y piedra que se elevaban entre 1.000 y 1.500 metros. Luego, calma. Los gases obligaron a usar toallas humedecidas en la nariz, camino a la pingüinera. Durante la calma, se observan intensas descargas eléctricas y fuertes truenos".

Ésta es una parte del testimonio asentado por el jefe de la Base Decepción en la Antártida, hace cuarenta años.

Precisamente allí, en la isla Decepción, que pertenece al archipiélago de las Shetland del Sur, se ubica uno de los puntos de la red de estudio de volcanes activos que se ha comenzado a tender en la Argentina, para saber cómo funcionan y poder así anticiparse a una erupción. "Decepción es el único lugar en el mundo donde se puede ingresar a un volcán con un barco. La isla es en sí un cráter, y una parte del flanco ha colapsado y está inundado por agua de mar, entonces pueden entrar buques de

turismo. En la parte interna hay un área de playa y existe una zona con agua caliente donde es posible bañarse, en plena Antártida”, señala el doctor Alberto Tomás Caselli, director del Grupo de Estudio y Seguimiento de Volcanes Activos (GES-VA), de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (FCEyN-UBA).

En la isla antártica Decepción, Caselli dirige el observatorio que trabaja en conjunto con científicos españoles durante la temporada de verano. En invierno es muy costosa la toma de datos sísmicos dado que “ese sitio requiere el desarrollo de equipos especiales que generen energías alternativas (eólica, solar), pues durante cuatro o cinco meses es de noche, con

fuertes vientos que podrían deteriorar los equipos convencionales. Si bien es complicado, tenemos la idea de construir en la Argentina una estación sísmica de muy bajo consumo para que funcione a “disparos” durante todo el año, es decir, que no guarde el registro continuo sino sólo aquellos datos que excedan cierta amplitud”, agrega quien es además director del Departamento de Ciencias Geológicas de la FCEyN-UBA.

¿Nuestro país registra importante actividad volcánica? “Si bien la mayor cantidad de volcanes activos en la Cordillera de los Andes se hallan del lado de Chile –responde–, la Argentina posee un buen número de ellos. Recientemente, en el 2006, algunos lugareños nos comentaron que habría tenido actividad el Peteroa, que se halla al sur de la provincia de Mendoza, y el Copahue, ubicado en Neuquén, tuvo actividad en 1992, 1995 y 2000. Suponemos que esta actividad posiblemente va a aumentar con el tiempo”.

Justamente el volcán Copahue, por su historia eruptiva, es uno de los más activos del territorio argentino y representa un laboratorio natural para la investigación de estos fenómenos. Y es otro de los que se hallan bajo la lupa de este grupo de investigación, de reciente formación dentro del Departamento de Ciencias Geológicas de la UBA, en interacción con grupos de estudio de la Universidad de Granada (España), la Universidad Complutense de Madrid (España), el Observatorio Vesubiano (Italia) y la Universidad de Firenze (Italia). ¿Los objetivos a cumplir? Desarrollar los modelos de comportamiento de los volcanes, realizar el seguimiento y determinar los fenómenos precursores a una erupción.

Cenizas del Irizar

Eran las 22 del 11 de abril de 2007. En plena alta mar, el fuego comenzó a minar el rompehielos Irizar cuando retornaba hacia Buenos Aires, tras la finalización de la Campaña Antártica del Verano 2006/2007. Afortunadamente, no hubo que lamentar víctimas entre las doscientas personas a bordo de este gigante de más de una cuadra de largo, unos 119,30 metros de eslora. Pero en la nave, entre los numerosos objetos de valor, también se hallaba el equipamiento del observatorio volcanológico Decepción. “Había dos estaciones sísmicas, tres computadores portátiles, material de laboratorio y balanzas, entre otros elementos. Estamos a la expectativa para saber qué ocurrió con estos equipos. De todas maneras, la campaña 2008 se realizará. El instrumental que se utilizará es un problema aún no resuelto”, advierte el doctor Alberto Caselli.



Premios INNOVAR

ovo, tú

"Cada volcán es distinto. Se puede tomar como base el comportamiento de otros volcanes, pero cada uno es único. Son diferentes tipos de magma y de estructuras que los controlan, y se deben estudiar de modo particular. La idea es comenzar a recopilar y obtener nueva información para tener parámetros de base con los cuales se pueda comparar en el futuro y detectar cambios o anomalías en el sistema volcánico. En la Argentina no tenemos antecedentes, a diferencia de otros países, que vienen trabajando desde hace 30 o 40 años en el seguimiento de un mismo volcán", enfatiza.

Copahue a la vista

Por ejemplo, el Copahue, con sus casi 3.000 metros de altura, muestra en su cráter una laguna que despidе extensas fumarolas y vapores con un gas muy ácido que enseguida afecta la garganta, la vista y el oído de los investigadores, quienes, por este motivo, lo estudian con protectores oculares y máscaras con filtro para respirar.

Tampoco los científicos osan tocar siquiera el agua de color gris verdoso que cubre un área de 200 metros de diámetro y una profundidad aproximada de 50 metros. Sólo para tener una idea del nivel de corrosión de esta laguna, basta sumergir los instru-

mentos de medición que son metálicos y enseguida se observará cómo quedan totalmente negros en cuestión de segundos. "Ahí no hay vida posible. De un flanco salen dos vertientes a 60 u 80 grados de temperatura, que son las nacientes del río Agrio", precisa acerca de esta laguna generada por el deshielo del glaciar.

Cada volcán es distinto. Se puede tomar como base el comportamiento de otros volcanes, pero cada uno es único. Son diferentes tipos de magma y de estructuras que los controlan, y se deben estudiar de modo particular.

Este paisaje dantesco, sin embargo, genera un verdadero paraíso para la salud. "Lo beneficioso del Copahue son las termas, que por sus virtudes, se ubican como las primeras o segundas del mundo junto con las del Mar Negro. Tienen un alto contenido en azufre tanto el barro como el agua", indica. De hecho, el poblado de Cavihue, situado en la falda del volcán, vive en gran parte gracias a esta posibilidad termal y ha sufrido algunos momentos de cierta tensión.

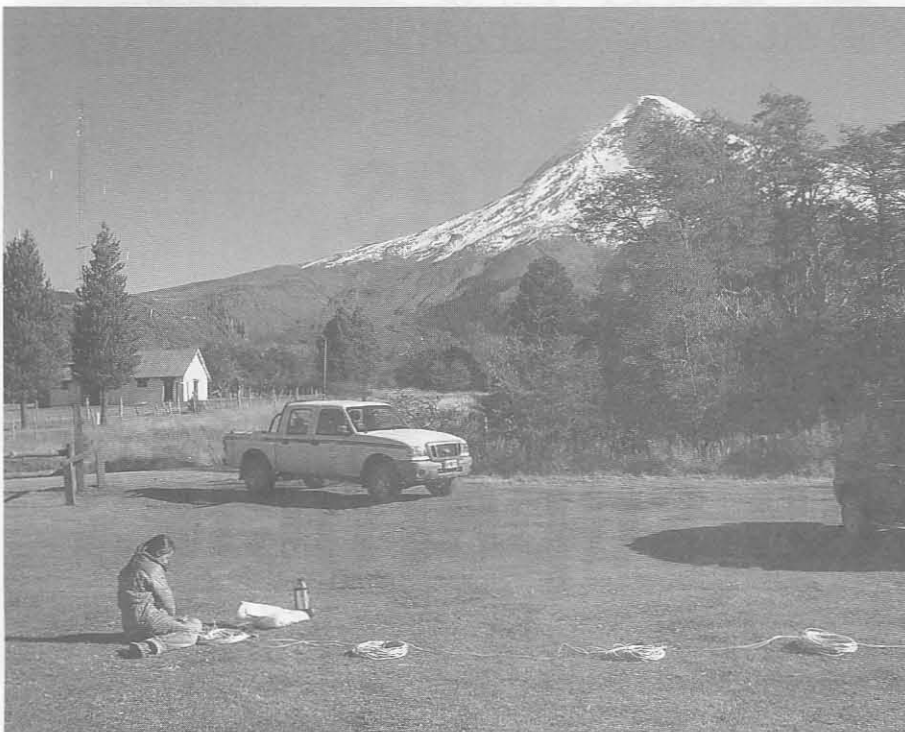
Tal es el caso de la última erupción, en el año 2000, cuando se registró una caída de cenizas que asustó y llevó a algunos a decidir auto-evacuarse. Afortunadamente, la situación no llegó a mayores. "Nuestra idea es trabajar en escuelas para que la gente del lugar, unos 700 pobladores estables, conozca el sitio donde viven. La gente, al contar con información, tomará conciencia del peligro en su justa medida, su percepción del riesgo será distinta y esto ayudará a actuar en el momento de ejecutar los planes de contingencia", evalúa.

El instrumental montado en el Copahue consiste en dos antenas sísmicas con doce sensores, conectados a una computadora central que registra datos en dos puntos distintos de la región y mide la actividad sísmica del lugar. "Hubo un terremoto bastante importante el 31 de diciembre de 2006 que saturó el equipo porque está regulado para movimientos más tenues, pero se tomaron una serie de réplicas. A raíz de este hecho, se obtuvieron muestras de gases fumarólicos y de agua para ver si el terremoto afectó al volcán. Queremos saber si estos sismos, que activan una serie de fallas geológicas, pueden abrir los conductos. Si es así, debería cambiar la geoquímica, se va a generar una serie de señales sísmicas débiles que, sin llegar a ser un terremoto, indican movimientos de gases, presiones internas en los conductos



Extensas fumarolas y vapores despidе la laguna ubicada en el cráter del volcán Copahue, en Neuquén.





o efectos de resonancia por gases. Esta es la tarea que se realiza", sintetiza.

Auscultar a este gigante requiere de estudios geológicos, sísmicos y geoquímicos. Pero también se lo sigue desde lejos. Con imágenes satelitales se estudia si el volcán sufrió alguna deformación en el último tiempo. Este trabajo lo realizan en conjunto con la Universidad de Cuyo. "Un sector del volcán se está expandiendo un centímetro por año, según las mediciones tomadas entre 2003 y 2006. Ahora tratamos de explicar por qué fue esta deformación", puntualiza.

Desde octubre de este año y hasta el mismo mes de 2008, el equipo de Caselli también llevará a cabo un relevamiento geológico y

ambiental en Copahue y Caviahue, financiado por la Fundación Williams. Se trata de elaborar un mapa geoambiental. "Se instalarán diez muestreadores en el pueblo para hacer una red que mida compuestos de azufre y de cloro en el aire", detalla.

Lanín, Peteroa y algo más

También en la provincia de Neuquén se encuentra el inconfundible Lanín, donde el equipo de estudio instalará nuevo instrumental para seguir de cerca a este volcán que se puede decir que está dormido, pues sus últimas erupciones están datadas hace 2.100 y 1.600 años. Pero esto no quiere decir que esté apagado por completo. "Generalmente se considera que un

volcán es activo cuando ha tenido actividad en los últimos 10.000 años", indica.

Sin duda, cuanto más se conozca y se elabore la historia clínica de cada uno de los volcanes, mayores probabilidades habrá de tener una idea más clara ante qué panorama posible atenerse. De hecho, en el mundo, el proyecto VOLUME (Volcanoes Understanding Subsurface Mass Movement), que financia la Unión Europea, busca entender cómo se pueden determinar las señales que da el volcán en el momento en que hay movimiento de masas o fluidos.

"Cada país presenta un volcán de ejemplo, en nuestro caso es el Copahue, y todos dejan a disposición de los investigadores del resto de las naciones los datos recogidos para su análisis comparativo. Es una manera de aunar distintas investigaciones de diferentes lugares del mundo y así conocer mejor el funcionamiento de los volcanes", explica.

En este camino de desentrañar lo que guardan los volcanes en su interior, el equipo dirigido por Caselli ambiciona sumar más casos. "En el futuro sería importante estudiar el Tupungatito y el San José, que al igual que el Lanín se hallan en estado posiblemente durmiente, pero, como están localizados a la latitud de la ciudad de Mendoza, podrían traer problemas en caso de erupción", concluye. ■



Equipo de geólogos bajo la dirección de Alberto Caselli (el primero de la derecha).

Los premios 2007 de la Academia Sueca

Ratones mutantes, miniaturización y química de superficies

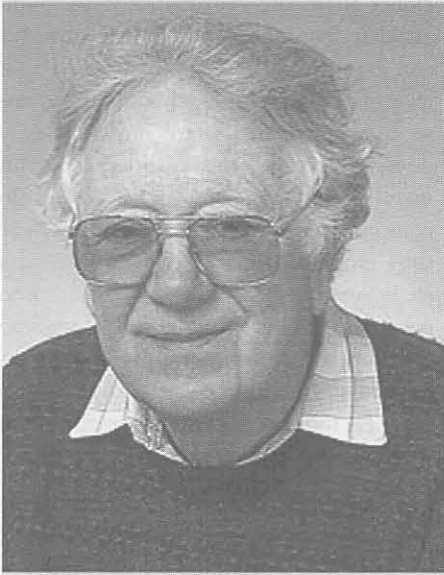
Los flamantes Nobel son Mario Capecchi, Martin Evans y Oliver Smithies por desentrañar los principios para introducir modificaciones genéticas en ratones mediante células madre embrionarias; Gerhard Ertl por sus contribuciones al estudio de procesos químicos en superficies sólidas; Albert Fert y Peter Grünberg por el hallazgo que permitió discos rígidos más chicos y con mayor memoria.



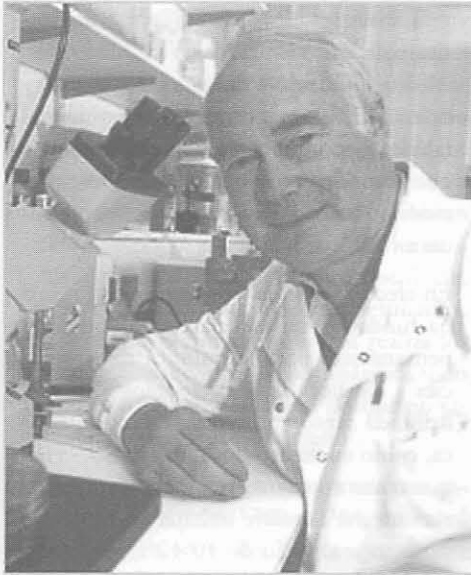
Una técnica para “fabricar” ratones mutantes les valió a sus creadores, Mario Capecchi, Martin Evans y Oliver Smithies, el Premio Nobel de Fisiología y Medicina 2007. La metodología se ha aplicado en casi todas las áreas de la biomedicina, desde la investigación básica hasta el desarrollo de nuevas terapias, según consigna el informe del Instituto Karolinska, de Suecia.

Cada uno de los laureados hizo su aporte a la técnica de direccionamiento de genes, que permite inactivar un gen en forma individual. De este modo, se pueden obtener ratones mutantes que carecen del gen en cuestión (*knock out*) y, por ende, no pueden producir una proteína determinada. Este método permitió indagar el rol de los genes en muy diversas enfermedades, como el cáncer y el Alzheimer, así como estudiar el envejecimiento.

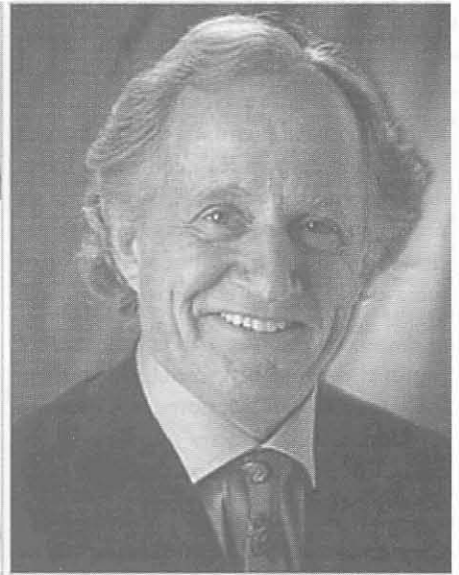
“Antes de estos logros, se podían anular genes específicos y estudiar el resultado sólo en bacterias y levaduras, pero estos tres científicos aportaron ideas y tecnologías para hacerlo en organismos complejos y así comprender la función de genes y también contar con valiosos modelos



Oliver Smithies



Martin Evans



Mario Capecchi

animales de enfermedades humanas”, comenta el doctor Norberto Iusem, profesor del departamento de Fisiología y Biología Molecular y Celular (FBMC) de la FCEyN.

En la década de 1980, Capecchi y Smithies pensaron en modificar o reparar genes defectuosos mediante la recombinación homóloga (que un gen se combine con una secuencia idéntica de ADN). Pero los tipos celulares estudiados por estos investigadores no permitieron crear animales a medida. Se requería de un tipo celular que diera lugar a células germinales, para que las modificaciones genéticas pudieran heredarse.

Evans, por su parte, había trabajado con células embrionarias que podían dar lugar a todos los tipos celulares. Su idea era utilizarlas como vehículo para introducir material genético en la línea germinal del ratón. Finalmente pudo obtener células de embriones de ratón, que se denominaron células madre embrionarias.

El paso siguiente era ver si esas células podían contribuir a la línea germinal. Así, los investigadores inyectaron células madre embrionarias de una cepa de ratón en los embriones de otra cepa, y obtuvieron embriones mosaico, compuestos por células de cepas diferentes. Éstos fueron colocados en madres sustitutas, que dieron a luz ratones mosaico. Éstos, a su vez,

se aparearon con ratones normales y las crías resultantes heredaron los genomas modificados.

En 1989 se logró producir el primer ratón de diseño mediante la recombinación homóloga en células madre embrionarias. A partir de ese momento fue posible introducir mutaciones que podían ser activadas en células u órganos específicos, tanto durante el desarrollo como en el animal adulto.

A principios de los 80 ya se habían obtenido ratones transgénicos, con la inserción de un gen foráneo, pero éste se ubica en cualquier región del genoma. “En el ratón mutante *knock out*, en cambio, se manipula un gen determinado, que se expresa en un tejido u órgano determinado, por eso se habla de direccionamiento de genes”, distingue Iusem.

Esta técnica hizo posible estudiar el rol de los genes involucrados en el desarrollo de los órganos y en la organización del cuerpo de los mamíferos, y estudiar las causas de muchas malformaciones congénitas. También se obtuvieron modelos animales para estudiar la hipertensión y la arteriosclerosis, o enfermedades como la fibrosis quística, e, incluso, analizar los efectos de la terapia génica.

“La técnica permite saber de qué manera los genes introducidos en células em-

brionarias pueden influir en las reacciones bioquímicas, el comportamiento o la morfología de un organismo completo”, afirma el doctor Omar Coso, profesor en el departamento FBMC de la FCEyN. Antes, el rol de los genes en mamíferos y en humanos sólo podía estudiarse en cultivos celulares.

El trabajar con cultivos, según detalla Coso, permite ver en muy corto plazo (48 o 72 horas) los efectos de las mutaciones genéticas. Esta rapidez es ventajosa, pero no se puede saber qué pasa en el organismo completo.

“Conocer esos efectos es posible con un ratón de diseño, pero los tiempos son más largos. En el cultivo celular, se tienen datos a la semana, mientras que en un ratón, hay que esperar que llegue a adulto. Pero la información es de otro nivel”, destaca el investigador.

Y aporta una analogía sobre el significado del Nobel: “Es como quien inventó el helado, y el que inventó los sabores. El primero, la pegó, pero hizo el helado de un solo sabor. Después, con la colaboración de otros, se fueron creando otros sabores. El éxito fue disponer hoy de más de cincuenta sabores distintos”, dice Coso, y agrega: “Lo mismo pasa con los ratones mutantes, la técnica se inventó hace casi tres décadas, pero lo interesante es la variedad de los modelos que podemos tener hoy”.

En los bordes de la materia

"Fue el mejor regalo de cumpleaños que podía imaginar", habría declarado después el galardonado. Porque, por casualidad, la noticia de su premiación lo alcanzó el mismo día en que festejaba sus 71 años. "Cuando ayer me enteré de que un alemán había ganado el Nobel de Física, pensé que no iban a premiar a otro alemán en la categoría de química", confesó, a través del teléfono, durante la clásica rueda de prensa en la Academia sueca. Pero, la nacionalidad no impidió que Gerhard Ertl fuera elegido como el único ganador del Nobel de química de este año.

Según el comunicado oficial, el científico fue laureado "por sus novedosos estudios en química de superficies", un área del conocimiento de gran importancia en campos industriales muy diversos.

Doctorado en la Universidad Técnica de Munich en 1965, Ertl investigó durante años qué hacen los átomos y las moléculas en la superficie de los materiales: "Los átomos que están en la superficie del sólido no

se comportan de la misma manera que los que están en el interior, porque en la superficie se pierde la regularidad que se encuentra, por ejemplo, en el interior de un cristal", explica la doctora Sara Aldabe Bilmes, investigadora de la FCEyN, y del Instituto de Química Física de los Materiales, Medio Ambiente y Energía del Conicet, y opina: "Ertl hizo un trabajo experimental fabuloso, porque creó una metodología que permitió determinar, con enorme precisión, cómo ocurren las reacciones químicas en la superficie de un sólido".

En efecto, según la Academia sueca, "Ertl ha fundado una escuela experimental de pensamiento para la química de superficies". De hecho, su metodología es hoy utilizada tanto en investigación académica, como en desarrollos industriales. "Hay que tener en cuenta que para estos experimentos se requiere trabajar en ultra alto vacío, o sea, vacío de 10-12 atmósferas", señala Bilmes, "y eso es mucho vacío, si se puede decir mucho vacío", se ríe. "Además, se deben utilizar reactivos de muy alta pureza, porque se experimenta con

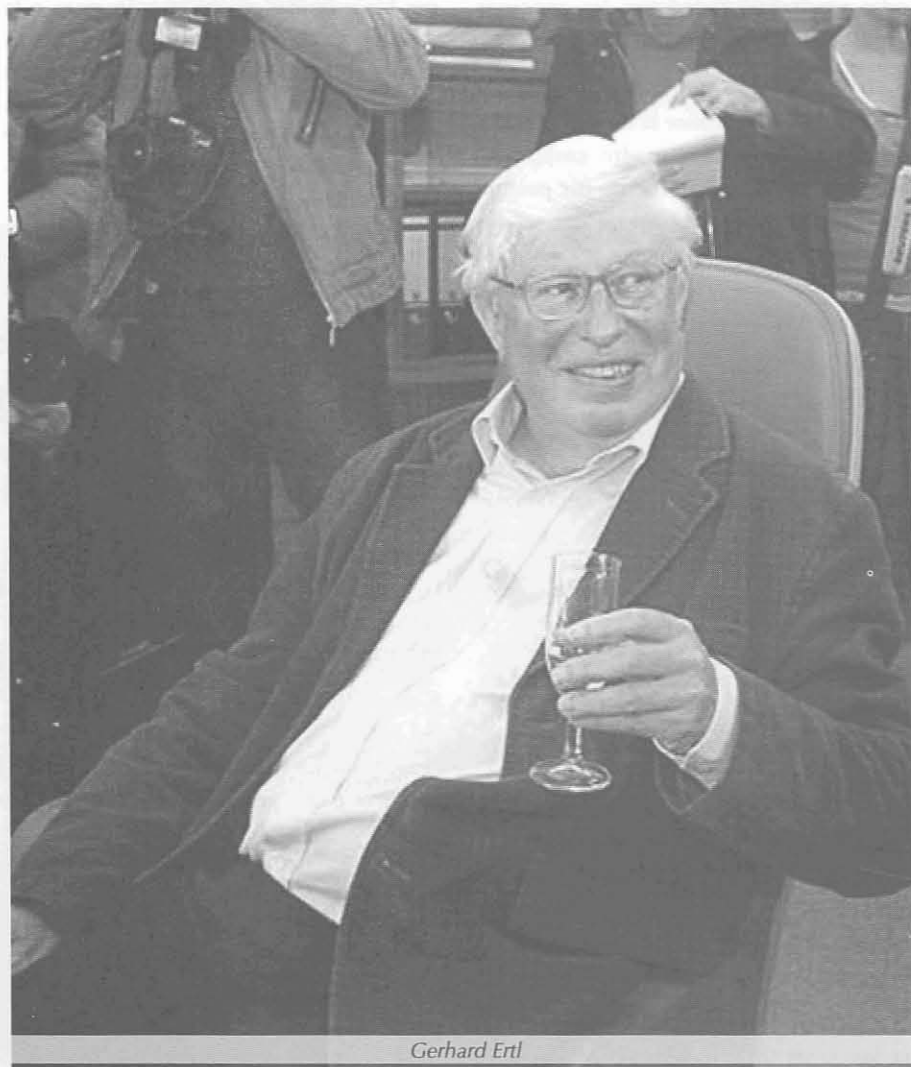
muy pocas moléculas y, por lo tanto, no se pueden permitir impurezas", añade.

Ertl fue creando, paso a paso, la metodología necesaria para lograr esas condiciones altamente controladas y, así, pudo estudiar fenómenos difíciles de observar con gran detalle en experimentos normales como, por ejemplo, el comportamiento de las capas de átomos individuales, y de las moléculas, sobre la superficie de un metal extremadamente puro: "No sólo consigue ver los átomos en la superficie sino, también, qué pasa con las moléculas en la superficie, cómo se mueven, cómo perturban a los átomos del sólido, y cómo se rompen y se forman enlaces entre las moléculas y los átomos de la superficie, y entre las moléculas entre sí, cuando están 'sentadas' sobre una superficie", ilustra.

Los estudios de Ertl acerca de los procesos químicos que ocurren en las superficies sólidas permitieron comprender fenómenos muy diversos, que van desde cómo se produce la oxidación del hierro, hasta cómo suceden las reacciones en la superficie de los cristales de hielo que están en la estratosfera, que conducen al deterioro de la capa de ozono.

Según el Comité que otorgó el premio, los trabajos de Ertl también fueron reconocidos por sus importantes aplicaciones tecnológicas: "Las reacciones químicas sobre superficies juegan un papel vital en muchas operaciones industriales", afirma, y da como ejemplos la producción de fertilizantes artificiales o de materiales semiconductores.

Por otro lado, algunas investigaciones llevadas a cabo por Ertl han tenido un impacto positivo para el medio ambiente. Sus estudios sobre el proceso de oxidación del monóxido de carbono sobre el platino, han dado lugar a los catalizadores de los automóviles, que hacen menos contaminantes las emisiones de los tubos de escape. "Algunas superficies, como la del platino, el rodio, u otros metales nobles, actúan como catalizadores, es decir, facilitan una reacción, porque ofrecen una vía para que se rompan enlaces químicos con un costo menor de energía", explica Bilmes y, refiriéndose al reciente Nobel cuenta: "A mí me marcó muchísimo, porque yo hice mi tesis sobre oxidación de monóxido de carbono en medios líquidos con catalizadores de platino. Así que toda la base teórica de mi investigación fueron los trabajos de Ertl en ultra alto vacío", recuerda.



Gerhard Ertl

Poderoso el chiquitín

El fenómeno descubierto por Albert Fert y Peter Grünberg fue una revolución tal que nada quedó igual. Cada uno lo hizo por su lado, pero arribaron a resultados similares, y aunque el efecto hallado se llame *magnetorresistencia gigante* (GMR), paradójicamente, condujo a una increíble miniaturización.

“En realidad, pocos hallazgos en física tuvieron aplicaciones que impactaran al mundo tecnológico y a la vida cotidiana tan rápidamente como el del efecto GMR”, precisa la doctora en física Ana María Llois, profesora asociada de esta Facultad. “Se esperaba que tarde o temprano se les otorgara el Nobel a ambos científicos”, agrega.

Por su parte, Pablo Tamborenea, profesor del departamento de Física de FCEyN, señala: “La importancia del descubrimiento es que abrió la puerta a aplicaciones en el almacenamiento de datos digitales. La física que ellos descubrieron entra en la cabeza lectora del disco duro. Hasta ese momento no había nada equivalente”.

Sobre este aspecto, Marcelo Rozenberg, profesor del departamento de Física, destaca que “permitió el desarrollo fantástico en la miniaturización y, por ende, en el aumento de capacidad de los discos duros”.

Fert y Grünberg dieron, cada uno por su lado, un paso revolucionario. “La magnetorresistencia en sí (que es la dependencia de la resistencia a un campo magnético) ya se conocía desde el siglo XIX —precisa Tamborenea—. Lo que ellos encontraron es un tipo de sistemas en los que aplicando un campo magnético se produce un cam-

bio muy grande de la resistencia eléctrica”.

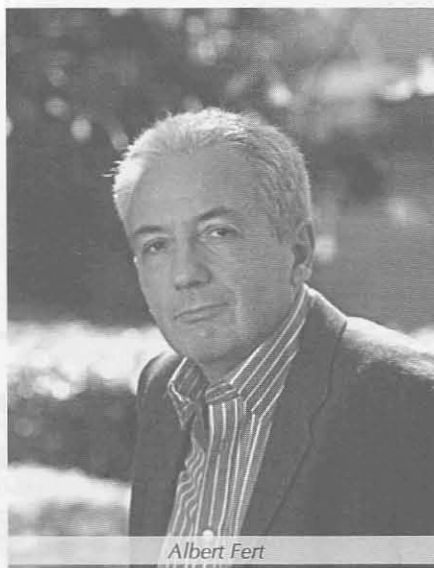
En este sentido, Llois indica: “El efecto GMR se manifiesta a través de una variación importante de la resistividad de materiales especialmente diseñados, frente a variaciones pequeñas del campo magnético aplicado”. A renglón seguido destaca: “En realidad, todos los conductores presentan magnetorresistencia, o sea una modificación de la resistencia en presencia de un campo magnético externo. Pero el efecto magnetorresistivo convencional, presente en los metales y conocido desde hace mucho tiempo (más de 150 años), es porcentualmente pequeño (unos pocos por cientos). La magnetorresistencia gigante (GMR) de la que estamos hablando es de otra naturaleza. Se origina en la interacción magnética que existe entre regiones de material ferromagnético separadas por material no magnético en muestras de dimensiones nanométricas y en el hecho de que la forma como dispersan los electrones que atraviesan dichas muestras, dando lugar a la resistencia eléctrica, depende de la orientación del espín de estos últimos”.

Con respecto al trabajo en particular de los galardonados, Rozenberg, indica: “Para aprovechar la magnetorresistencia, Fert y Grünberg, en forma independiente, tuvieron la idea de fabricar estructuras de láminas muy delgadas de material magnetorresistente, lo que potenció el efecto y dio lugar al efecto “gigante”.

Por último, Llois destaca que “esta gran sensibilidad a pequeñas variaciones de campo magnético es la que permite leer información almacenada en discos rígidos de alta densidad en forma eficiente y confiable”. □



Peter Grünberg



Albert Fert

DIRECCION DE ORIENTACION VOCACIONAL de Exactas

- ☉ Exactas va a la escuela: charlas gratuitas de divulgación científica y paneles de investigadores de la Facultad de Exactas en los colegios.
- ☉ Programa de Experiencias Didácticas: prácticas en los laboratorios para alumnos secundarios.
- ☉ Visitas y recorridos por los laboratorios de la Facultad.
- ☉ Charlas sobre cada una de nuestras carreras.



La Dirección de Orientación Vocacional de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA organiza todas estas actividades pensadas para alumnos de los últimos años de los colegios secundarios.

Con distintas prácticas, todas ellas apuntan a difundir las carreras de ciencias entre quienes estén próximos a realizar su elección vocacional.



Para más información, los directivos de escuelas, los docentes o los alumnos pueden comunicarse con nosotros al 4576-3337 o por correo electrónico a dov@de.fcen.uba.ar



El humor es algo serio

Por Carlos Borches | borches@de.fcen.uba.ar

“Reímos para no llorar”, ensaya Joseph Klatzmann para explicar la persistencia del humor judío aún en los momentos más dramáticos. En la misma dirección, la ciencia explica la saludable liberación de endorfinas que desencadena la risa. Pero el humor es también un instrumento de expresión política que, al llegar a la síntesis de la viñeta, adquiere, junto con la brevedad, un carácter punzante, incisivo como un bisturí.

Como instrumento de expresión política, el humor gráfico llegó a nuestro país tempranamente. En 1820, Fray Castañeda provocaba al poder político desde sus periódicos satíricos, donde cultivaba un lenguaje sencillo y mordaz para criticar al Ministro Bernardino Rivadavia. En esa misma línea continuará en 1863 la revista

de sátira política *El Mosquito*, abundante en caricaturas irónicas de Mitre y Sarmiento; o el periódico *Don Quijote*, nacido en 1890 para oponerse a la hegemonía de los partidos conservadores.

Ya en nuestros días, la revista *Humor* se ganó un lugar preferencial en la historia del humor gráfico político cultivando un estilo particular para cuestionar a la dictadura militar.

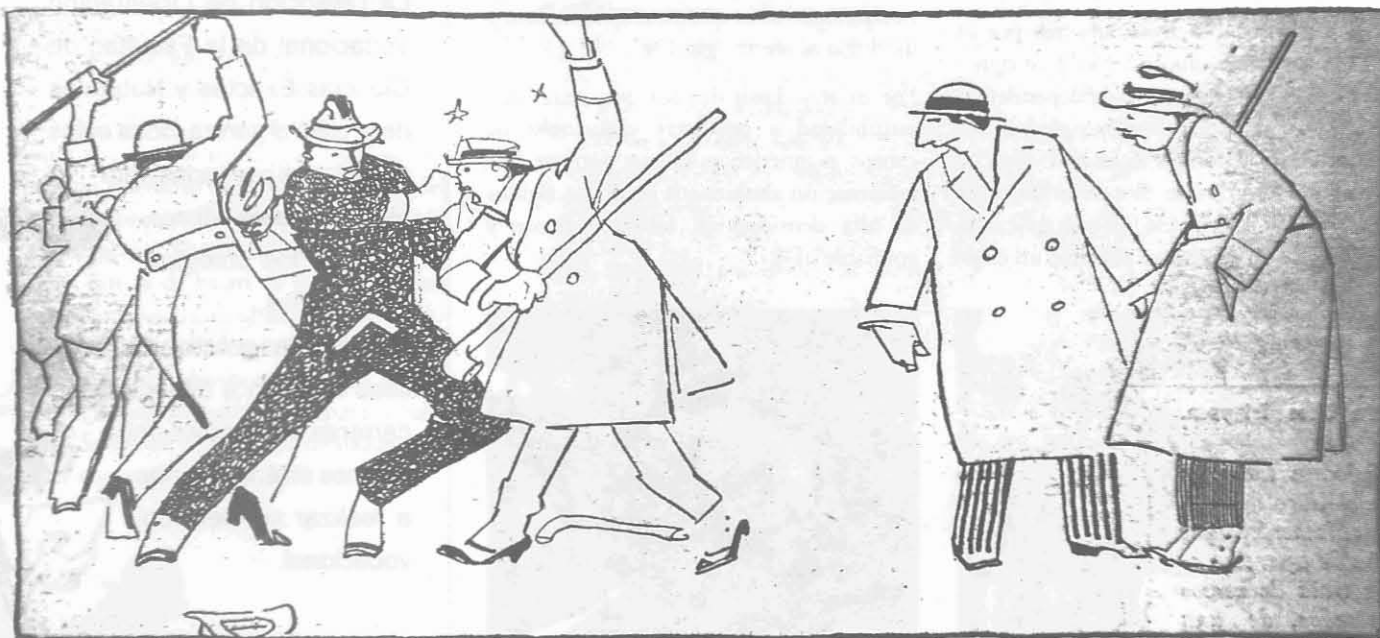
El humor descoloca al poder, lo saca del debate racional y lo lleva a un terreno donde no logra articular respuestas y, en más de una ocasión, recurre a la censura como única alternativa para silenciarlo.

A pesar de su riqueza como fuente histórica, el humor gráfico se mantuvo al margen de los objetos de estudio de los historiado-

res, tendencia que ha comenzado a revertirse en las últimas décadas del siglo XX.

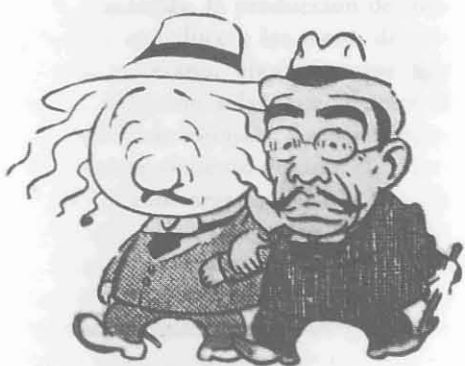
A raíz de la muestra fotográfica que presentó el Programa de Historia de la FCEyN durante 2006, surgió una importante colección de humor gráfico vinculado a la Universidad. En los medios masivos de comunicación, o en las revistas estudiantiles, fueron apareciendo viñetas y caricaturas que reflejaban las preocupaciones del mundo universitario o la mirada que los humoristas tenían del acontecer universitario.

Nuevamente, sin la pretensión de ser exhaustivos y como una primera aproximación al tema, el Programa de Historia presentó en el mes de noviembre la muestra “Exactas con Humor”, en el patio central del Pabellón II. ─



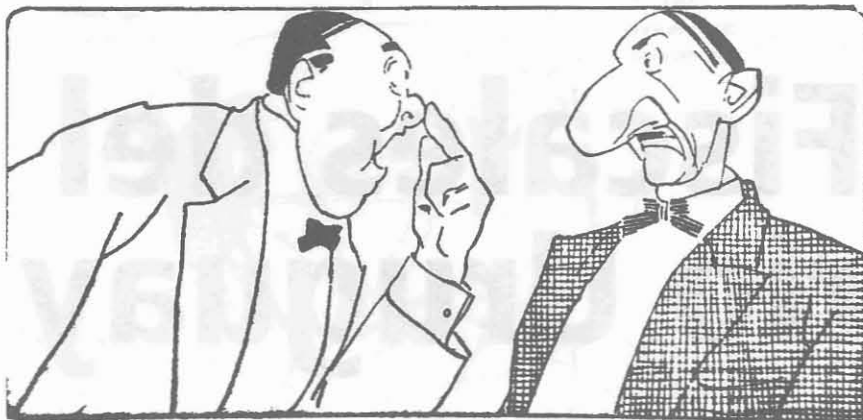
- ¡Qué raro! ¡La gente bien peleándose!
- Che, respetá un poco; cuando la pelea es entre académicos, se dice: conflicto universitario.

En 1918, la Universidad de Córdoba vivió momentos de suma tensión que la historia rescata bajo el título de La Reforma Universitaria. Cansados del manejo discrecional que ejercían sectores conservadores y clericales en la universidad cordobesa, un importante grupo de estudiantes y jóvenes graduados impidió que se perpetuaran las antiguas formas de gobierno e impuso nuevos mecanismos tendientes a lograr renovación en las cátedras y democracia interna. La reforma cultivó ideales que se proyectaban más allá de los claustros universitarios. La ilustración fue publicada en la Revista Caras y Caretas del 24 de agosto de 1918.



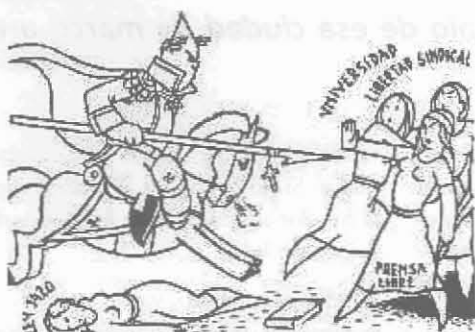
Lugones se echa a caminar con Einstein por Florida

En 1925, Albert Einstein visitó nuestro país. Las originales ideas del científico dispararon todo tipo de interpretaciones fuera del campo de la ciencia. Leopoldo Lugones, escritor de gran reconocimiento en la sociedad porteña, ocupó un destacado papel en esos debates.



- La nariz de usted, comparada con la mía, es grande; pero, comparada con la trompa de un elefante, es chica. Todo es relativo.

Como se ilustra en la viñeta de arriba, las teorías de la Relatividad queda sintetizada fuera del ámbito científico en un "todo es relativo".



La aparición del peronismo en la historia nacional marcó una profunda fractura en las clases sociales argentinas. En los '40, los sectores universitarios se enfrentaron duramente al gobierno justicialista. La viñeta de arriba expresa lo que esos sectores entendían de la relación entre el peronismo y las universidades.

Durante los años 60, con el peronismo proscripto, esa mirada empieza a cambiar tal como lo refleja la revista Ciencia Nueva, donde participaba un destacado plantel de investigadores y universitarios argentinos. (viñeta de la derecha).



Desde 1955, sectores de la Iglesia católica impulsaron la creación de universidades privadas. Lo consiguieron en 1958, luego de un fuerte debate entre los "laicos", que se oponían, y los "libres".

Humor NUEVO

Julio Moreno

La Masa



1925



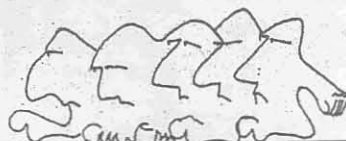
1944



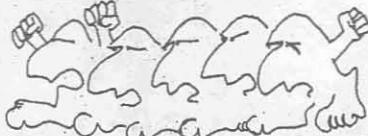
1948



1955



1963



1969



(CONTINUARÁ...)

Julio

Conflicto por las pasteras

Fiscales del río Uruguay

Por Susana Gallardo, sgallardo@de.fcen.uba.ar

La Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA trabaja en la determinación del estado actual del río Uruguay y su entorno en los alrededores de la ciudad de Gualeguaychú, en la provincia de Entre Ríos. El estudio permitirá corroborar si la actividad de la pastera Botnia contamina la zona. Un convenio firmado con el municipio de esa ciudad da marco a esta asistencia científica.

El sábado 17 de noviembre, en la sala del Consejo Deliberante de Gualeguaychú, el decano de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, el doctor Jorge Aliaga y el intendente Daniel Irigoyen firmaron un convenio que le da marco a la colaboración científica que la Facultad viene realizando con la ciudad entrerriana.

Lo cierto es que, para iniciar una vigilancia de la posible contaminación que produzca la pastera Botnia, es imprescindible contar con la línea de base, es decir, con una "foto" de la situación ambiental antes del arranque de la planta, emplazada en la

localidad de Fray Bentos, en la costa uruguaya. Si no se conoce la situación previa al funcionamiento, no se le puede atribuir responsabilidad.

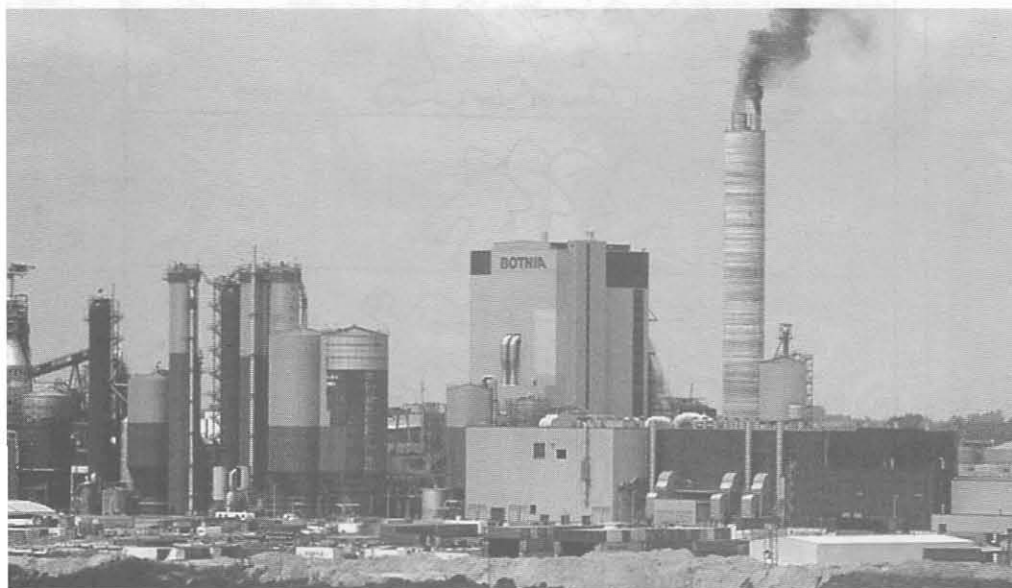
Desde hace un año, varios equipos de investigación de la Facultad están abocados a la recolección y análisis de datos biológicos, geoquímicos y atmosféricos con el objetivo de establecer la línea de base.

"Hemos logrado generar información objetiva, para determinar si la planta contamina, y tendremos todos los elementos probatorios para el caso de tener que realizar un reclamo internacional ante la corte de La Haya", señala el doctor Héctor Ostersa, profesor en Exactas, especialista en geoquímica isotópica y coordinador del proyecto.

La vida acuática bajo estudio

Uno de los estudios se centra en las comunidades planctónicas del río Uruguay, es decir, los pequeños organismos vegetales y animales que se encuentran en suspensión o nadan en el agua y que conforman los eslabones de la cadena alimentaria fundamental que sustenta a los peces.

"Junto con el fitoplancton y el zooplancton, estamos estudiando un conjunto de parámetros, como la temperatura, el pH, el oxígeno, los nutrientes, la demanda



química de oxígeno, la transparencia, y la concentración de sólidos, entre otros, en un área del río Uruguay que va del kilómetro 70 hasta el 110", explica la doctora Irina Izaguirre, de la FCEyN.

Izaguirre, junto con las doctoras Inés O'Farrell, Haydée Pizarro, Alicia Vinocur y las especialistas en zooplankton Cristina Marinone y Soledad Fontanarrosa, realizaron, desde septiembre de 2006, cuatro muestreos estacionales en veinte sitios fijos, para cubrir un ciclo anual. La idea es contar con una "película", mas que una foto, de lo que sucede en el río a lo largo del año, teniendo en cuenta los cambios de temperatura y las crecidas y bajantes del río.

Las comunidades acuáticas son sensores biológicos que van a registrar cualquier cambio que se produzca en el agua. Si hay contaminación, van a cambiar los grupos dominantes; puede llegar a proliferar alguna especie resistente que antes no estaba.

Las condiciones del río, en general, empeoran en verano, porque aumentan los nutrientes y también las algas tóxicas. En general, la proliferación de algas no es buena, porque hay especies tóxicas ya registradas, que pueden afectar el hígado y el sistema nervioso de los peces, e incluso pueden ser tóxicas para el ser humano.

Por otra parte, cuando hay una gran floración de algas en la superficie, puede faltar el oxígeno en la profundidad, porque las algas no dejan pasar la luz, y no hay fotosíntesis en las poblaciones vegetales del fondo. Esta falta de oxígeno es mortal para los sábalo, que constituyen una de las riquezas pesqueras del río Uruguay.

Qué pasa en el aire

Otro componente imprescindible de un estudio de base es el aire. En tal sentido, la doctora Inés Camilloni coordina un equipo que incluye investigadores y equipos de medición de la Comisión Nacional de Energía Atómica.

"El estudio tiene tres etapas, la primera consiste en hacer un diagnóstico de la capacidad que tiene la atmósfera, en el área de Gualaquaychú, para diluir contaminan-

tes. Se utiliza información meteorológica, provista por el Servicio Meteorológico Nacional, y nos permite saber si esta planta está ubicada en un lugar donde la atmósfera tiene una buena capacidad para dispersar y diluir los contaminantes, o si puede haber situaciones de riesgo ante emisiones de contaminantes", explica Camilloni.

En una segunda etapa se realiza el modelado de la dispersión de contaminantes que la empresa declara que va a emitir a la atmósfera. Los resultados de esa simulación se acoplan a un modelo regulatorio de dispersión de contaminantes de la Agencia de Protección Ambiental, de EEUU. "Con esos datos podemos estimar las concentraciones máximas de los distintos contaminantes que la empresa declara que va a emitir, y determinar las condiciones meteorológicas asociadas", detalla la investigadora.

En la tercera etapa, se midieron las condiciones actuales de calidad de aire antes de que entrara en operación la planta. Se hicieron mediciones en distintas localidades en función de las áreas con mayor población y de las direcciones predominantes del viento.

En la primera campaña, durante el mes de septiembre, los equipos midieron diferentes gases, como monóxido de carbono, dióxido de azufre, sulfuro de hidrógeno, óxidos de nitrógeno, y también compuestos sulfurados, que se vinculan a la diseminación de olores. La segunda campaña, que se inició en octubre, incluye también material particulado, con dos diámetros distintos.

Durante gran parte del año, los vientos soplan del noreste y, dada la posición de la planta, todo indica que habrá un arrastre de contaminantes hacia el sudoeste, en la Argentina. Por eso uno de los lugares de medición se encuentra al sur de Gualaquaychú; es la zona que podría verse más impactada por la acumulación de contaminantes debido a la dirección dominante de los vientos.

Los equipos fijos de medición, que requieren alimentación eléctrica y refrigeración continua, están ubicados en una casilla rodante. Las mediciones móviles se hacen a través de bolsas donde se acumula aire

durante dos horas. Esas bolsas se conectan luego a los equipos continuos y se obtiene la información.

Cabe destacar que todas las mediciones y muestreos se ejecutan ante la presencia de un escribano. "Toda la información es registrada en actas, de forma de que sirva como constancia ante un eventual reclamo", asegura Camilloni.

La huella digital isotópica

Otro aspecto clave de una línea de base es la relación isotópica de diferentes componentes presentes en el aire, el agua y el suelo. Según explica Héctor Ostera, "la geoquímica isotópica forense trata de determinar las responsabilidades de eventuales episodios de contaminación sobre la base de las variaciones en la composición isotópica de un conjunto de elementos, la cual les confiere una huella digital característica".

Por ejemplo, se analiza la relación existente entre los isótopos de diferentes elementos, como el carbono, el nitrógeno, el cloro, el azufre y el plomo, entre otros. Estas variaciones determinan una huella digital única y característica, por ejemplo, del humo o los efluentes que produce una planta determinada. Por ello, este dato sirve para monitorear las emisiones a la atmósfera y los efluentes que emite una industria.

Las emisiones que genera la combustión de partículas de azufre tienen una relación isotópica, que se mide respecto de un estándar. Las que provienen de la quema de combustibles fósiles, por ejemplo, tienen un valor diferente de las asociadas a otras fuentes naturales. Por ejemplo, las emisiones de las centrales termoeléctricas de Puerto Nuevo tienen una huella digital diferente de las que aporta el tránsito vehicular.

En cuanto a los efluentes que provengan de la pastera, se supone que éstos tendrán mayor concentración de cloruros y de nitratos. "Para decir si éstos son realmente de la planta o son naturales, hay que medir la composición isotópica", subraya Ostera, y concluye: "Este trabajo debía hacerse, y ahora contamos con datos concretos".

El Instituto Leloir festejó sus 60 años

(Agencia CyTA-Instituto Leloir).- Decenas de globos con la leyenda "Hacemos ciencia, construimos el futuro" fueron liberados al cielo el 28 de noviembre para festejar los primeros 60 años de investigación del Instituto Leloir. La celebración, que se realizó en la puerta de la institución, frente al parque Centenario, reunió a científicos con vecinos del lugar, alumnos de colegios, familiares y amigos.

El doctor Luis Ielpi, director del instituto, destacó que "trabajar aquí genera orgullo y responsabilidad. Orgullo, por formar parte de una institución con la trayectoria científica que marcó el doctor Luis Federico Leloir, y responsabilidad, porque el futuro se construye sobre nuevos logros, que no pueden apartarse del camino de la excelencia".

Los alumnos de los institutos Platerillo, de Villa Pueyrredón y Villa del Parque, y Sagrado Corazón, de Almagro, confeccionaron un mural en el que imprimieron sus manos con distintos colores. La obra colectiva será parte de la primera pared del nuevo edificio anexo en construcción.



Red de Periodismo Científico

Reunidos en La Academia, el tradicional bar porteño de la avenida Callao -casi Corrientes-, un grupo de periodistas, docentes e investigadores del área de la comunicación pública de la ciencia, terminaron de dar vida a la Red Argentina de Periodismo Científico, que ya cuenta con más de cuarenta miembros.

Según el Acta del 3 de noviembre de 2007, los objetivos generales de la Red son:

a.- Promover el diálogo y el debate sobre los desafíos y las problemáticas del periodismo científico en la actualidad.

b.- Dar a conocer y alentar nuevos espacios para el desarrollo del periodismo científico en la Argentina, así como promover el mejoramiento de la calidad de sus producciones.

c.- Favorecer el intercambio de experiencias, opiniones, bibliografía y novedades

entre profesionales que se dedican al periodismo científico.

d.- Debatir y profundizar la problemática de los conflictos de interés y la ética periodística dentro del campo del periodismo científico.

En esa dirección, la Red anunció que, en el mes de abril del próximo año, se realizará una Jornada Nacional de Reflexión sobre el Periodismo Científico. La misma, se desarrollará sobre tres ejes principales: 1) Qué es el periodismo científico hoy, 2) Cuál es la formación necesaria para ejercerlo, y 3) Cuáles son los conflictos de interés que están influyendo en su práctica.

Por otra parte, desde la Red se puso énfasis en cursar invitaciones a los periodistas de las distintas provincias del país que se dediquen a la comunicación de la ciencia, para que se integren al grupo.

Vocación científica

Con el propósito de determinar si la divulgación de la ciencia, en sus diversas manifestaciones, posee alguna influencia en la decisión de las personas para dedicarse a la investigación científica, el Centro de Divulgación Científica efectuó una encuesta entre los investigadores de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) de la Universidad de Buenos Aires.

Mediante un cuestionario, que fue respondido por poco más del 30% de las personas que se dedican a la investigación en Exactas, se evaluó, entre un conjunto de factores, cuáles habían tenido mucha, poca o ninguna influencia en la decisión vocacional.

Los resultados del estudio acaban de ser publicados en el número 25 de REDES, revista editada por el Instituto de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, de la Universidad Nacional de Quilmes.

El análisis estadístico del conjunto de respuestas obtenidas permitió comprobar que la influencia docente durante los años

de estudio es reconocida por los investigadores encuestados como el factor vocacional significativamente más importante para decidirse por la investigación.

El mismo análisis también indica que cada una de las distintas manifestaciones de la divulgación que fueron evaluadas (artículos en diarios y revistas, actividades -como visitas a museos de ciencia, laboratorios, etc.- y productos audiovisuales) ejercen una influencia equiparable a la del entorno familiar, y que dicha influencia ha sido significativamente mayor para los investigadores más jóvenes.

A partir de estos resultados, se decidió ampliar el estudio hacia otras áreas del conocimiento y, en conjunto con la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación, se efectuó la Encuesta Nacional sobre Vocación Científica. En la actualidad, se están procesando los datos de las 816 respuestas obtenidas a partir de un muestreo probabilístico efectuado entre todos los investigadores y becarios del Conicet del país.

Periodismo científico en Bariloche

En un escenario de postal, enmarcado por los cerros cubiertos de nieve en contraste con el azul del Nahuel Huapi, durante la semana del 24 al 28 de septiembre se llevó a cabo en Bariloche el Primer Curso de Periodismo Científico del Mercosur, organizado por el Programa Nacional de Comunicación Social de la Ciencia (de la Secyt), que coordina Ignacio Jawtuschenko, y la Comisión Nacional de Energía Atómica (Cnea).

Este curso, que continúa y amplía el realizado en 2006 en el Observatorio Astronómico El Leoncito, se realizó en el Instituto Balseiro, y contó con la participación de 45 alumnos de diversos puntos de Latinoamérica (Uruguay, Brasil, Paraguay y Venezuela) así como de diferentes ciudades de la Argentina. Los becarios estuvieron "concentrados" durante cinco días, en los cuales asistieron a conferencias, entrevistaron a investigadores de la Cnea, visitaron laboratorios, redactaron notas periodísticas y produjeron micros de video. El objetivo de los organizadores era obtener el máximo provecho de esta intensa semana, es decir, que además de ser una instancia

de formación el curso rindiera jugosos frutos, en este caso, productos concretos de comunicación de la ciencia.

El Centro de Divulgación Científica de Exactas tuvo una doble participación en este evento: Gabriel Stekolschik formó parte del grupo de becarios, y Susana Gallardo fue una de las docentes. El resto del plantel docente estuvo conformado por Daniel Arias y Enrique Garabetyan (que coordinaron el taller de escritura), Carlos Ureta (que dirigió la parte audiovisual), Ana María Vara, Diego Hurtado, Nora Bär y Leonardo Moledo.

Por su parte, entre los investigadores que brindaron conferencias con el fin de ilustrar acerca de las tareas e investigaciones de la Cnea se encontraron Alberto Lammagna, Raúl Barrachina, Carlos Rey, Daniel Paskevich, Alberto Mancini y Pablo Fainstein.

Este curso no es un hecho aislado, sino que forma parte de la política instrumentada

por la Secyt, que ha apostado fuertemente a la difusión de la ciencia en la sociedad. En esta línea se encuentran los cursos itinerantes de periodismo científico (de dos días de duración) que se han dictado en 2006 y 2007 en diferentes ciudades del país, con el apoyo de la Federación Argentina de Trabajadores de Prensa (Fapren). El Premio Nacional al Periodismo Científico, que se entregará por primera vez en octubre de este año, también forma parte de esta acción destinada a atraer el interés de los comunicadores por los temas de ciencia.



"Antinobel" para tres argentinos

Tres argentinos obtuvieron, por primera vez, un premio "Antinobel", la distinción que parodia a los galardones otorgados por la Real Academia Sueca. Ellos son Diego Golombek, Patricia Agostino y Santiago Plano, quienes hallaron que el Viagra ayuda a los hamsters a recuperarse del jetlag, en una investigación que había sido publicada en una revista de alto impacto, como lo es *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS), de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos.

Llamados, en realidad, los IgNobel (jugando con la pronunciación en inglés de la palabra que significa innoble), estos galardones destacan los estudios científicos más ocurrentes y extraños. O como los describe Golombek, "son premios que se dan a trabajos que primero te hacen reír y después pensar".

Colmado por 1200 personas, el teatro Sanders, de la Universidad de Harvard, en Cambridge, en el noreste de los Estados Unidos, fue el escenario elegido para que verdaderos Nobel entregaran la distinción, que ya es un clásico desde 1991.

En esta ocasión, les correspondió a diez equipos de investigación de cinco continentes. Además de los argentinos, hubo también, por primera vez, otros dos grupos latinoamericanos que obtuvieron sendas categorías. Uno de ellos es el chileno Enrique Cerda Villablanca, quien junto con un científico de Harvard, estudió cómo se arrugan las

hojas. Y el otro es el colombiano Juan Manuel Toro, quien halló que las ratas no notan la diferencia entre una persona hablando japonés, y otra haciéndolo en alemán al revés.



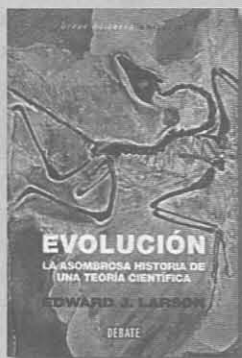
Evolución

La asombrosa historia de una teoría científica

Edward J. Larson

Buenos Aires, 2007

DEBATE, 416 páginas

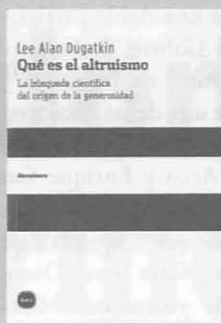
**Qué es el altruismo**

La búsqueda científica del origen de la generosidad

Lee Alan Dugatkin

Katz Editores, 2007

Buenos Aires, 271 páginas.

**Qué nos hace humanos**

Matt Ridley

Madrid, 2005

Punto de lectura, 542 páginas



En 1859 se publicó el famoso libro *El origen de las especies*, de Charles Darwin, enunciando la Teoría de la Evolución. A partir de entonces el mundo fue otro.

Pero la historia de la Teoría no empezó con Darwin ni Wallace, ni tampoco ha terminado aún. Si bien ya ningún científico -ni tampoco ningún pensador serio- duda de su validez, todavía sigue despertando acalorados debates, hiriendo sentimientos, descubriendo nuevos saberes, iluminando nuevos campos del conocimiento, sorprendiendo, pasmando y desafiando todo límite. El libro de Larson hace este recorrido histórico con una didáctica puntillosa y enorme solvencia. No deja nada ni a nadie en el tintero, recreando este debate incesante con un anecdótico nutrido, entretenido y sustancioso.

Desde los orígenes más remotos, pasando por la tozuda oposición religiosa, hasta las nuevas y apasionantes disputas sobre la sociobiología y la psicología cognitiva, el autor de *Evolución* se mantiene imparcial y respetuoso de toda moción valorativa y discute las ideas exclusivamente por voz de sus protagonistas.

Por su planteo exhaustivo y organizado este texto se convierte en una obra valiosísima para todo interesado en la Teoría de la Evolución, o en el pensamiento humano de los últimos 150 años... o en el porvenir.

El altruismo, o sea, esa conducta adorable con que nos complacen nuestros congéneres aún a costo personal, fue desde el principio del paradigma evolutivo el hueso más duro de roer. No sólo parecía inexplicable por la selección natural sino que amenazaba con derrumbar a Darwin.

El problema sacudió el avispero: el científico, el político, el religioso y el filósofo. Se pelearon entre todos y no era para menos: el bien y la moral estaban en juego.

Pero poco a poco la ciencia fue socavando el enigma y, mal que nos pese, una sencilla ecuación matemática terminó poniéndole la tapa al asunto. La ecuación de Hamilton, cuya validez atraviesa todas las especies de la naturaleza -y a la humana- a nadie puede resultarle indiferente.

Dugatkin cuenta la historia con sobrado conocimiento de causa y vibrante sensibilidad social, en un libro tan didáctico como esclarecedor, tan erudito como formativo. Los cinco o seis protagonistas de esta apasionante saga del conocimiento aparecen dibujados desde su perfiles más tiernos y comprometidos, edificando de ese modo un relato de profunda humanidad.

Pero al mismo tiempo, por la agudeza del autor y el lugar destacado del tema, este libro se erige como un texto fundamental para comprender la ciencia contemporánea.

Después de haber leído *Genoma* -un libro tan abarcador y brillante-, es natural que usted aborde *Qué nos hace humanos* con un poco de recelo. Yo también me equivoqué: hay Ridley para rato.

Este nuevo libro de largo aliento no se queda atrás del anterior. Vuelve a sorprender con su enorme sabiduría, su agudeza, su erudición... y especialmente con su enorme sentido del humor.

En esta oportunidad, el tema que aborda Ridley es la vieja controversia *nature-nurture*, lo innato versus lo adquirido, lo heredado genéticamente versus lo aprendido. No importa si a usted le interesa mucho o poco esa discusión; el libro es tan rico en novedades, perspectivas, informaciones e historias, que valen la lectura por sí mismas. Sin embargo, no están porque sí.

La tesis de Ridley es que, a la luz de los nuevos descubrimientos de la ciencia, la controversia ha caducado. "Mi argumento -dice el autor- es que ahora es posible plantear una nueva solución al debate entre la herencia y el medio ambiente, porque sabemos más sobre los genes".

La tesis no defrauda, y la lectura se hace tan amena que, cuando uno lee en público, no es fácil disimular sonrisas... y hasta carcajadas.

La energía

Roberto E. Cunningham

2004, Buenos Aires

Instituto Argentino

del Petróleo y del Gas

223 páginas



Cómo explicarle al lego lo que es la energía... si nadie lo sabe. Cómo contarle a la gente cuáles son los problemas de la energía si nadie se pone de acuerdo. Cómo hacer que el lector entienda la historia de la energía si es más complicada que el cableado de una computadora. Este es parte del desafío del que sale airoso *La energía*. Cunningham tiene esta virtud: conoce el detalle, no se le escapa la inferencia justa, ni la sintonía fina... pero en ningún momento pierde la visión general. Así cualquiera.

Para entender el bosque, hay que cambiar constantemente la distancia del enfoque: sobrevolarlo y visualizar sus confines y bajar a la sombra y poner la lupa sobre una hoja. Y así todo el tiempo. Eso es lo que hace el autor en este libro con formato revista y excelentes ilustraciones. Sube y baja, recorre la historia del uso de la energía desde los albores de la humanidad hasta la complejidad del mundo moderno, señalando los denominadores comunes y extrayendo conclusiones.

Los capítulos dedicados a la revolución industrial son paradigmáticos, exhaustivos. Mechando anécdotas e historias personales que amenizan la lectura, Cunningham desemboca en las encrucijadas actuales de nuestra relación con la energía. La crisis... como quien diría.

La Física en la vida cotidiana

Alberto Rojo

Buenos Aires, 2007

Siglo XXI, 224 páginas



La Física estudia el universo, y el universo está en todos lados. De modo que hacer un recorte para interesar a un lector que vive en el universo no es cosa fácil. El autor lo hizo de modo brillante: *La Física en la vida cotidiana* lo va a hacer tropezar a cada instante de un día suyo cualquiera con pequeños detalles que Rojo utilizará para catapultarlo hasta el infinito, de la mano de la madre de todas las ciencias. Y cuando termine la jornada, usted va a haber recorrido el universo entero.

Ese recorte es el gran mérito de este libro por demás claro, ameno y estimulante. Incluye ilustraciones que facilitan la comprensión del relato y propuestas de experimentos y observaciones a las que el lector no va a renunciar.

Si los matemáticos tuvieron lo suyo con Paenza, los profesores de Física (y los curiosos en general) tienen ahora un libro que es disparador de mil clases originales y divertidas, mil preguntas y lecturas más. Las diez páginas destinadas a comentar bibliografía son una invitación a investigar y profundizar difícil de rechazar.

Alberto Rojo, argentino, físico y músico, aguarda por usted en www.physicsadventure.com/CqL. Antes y después de leer *La Física...* lleve una bolsa para las sorpresas.

Había una vez el átomo

O cómo los científicos imaginan lo invisible

Gabriel Gellon

2007, Buenos Aires

Siglo XXI, 240 páginas



Había una vez el átomo rescata una historia de apariencia simple, casi tonta, prejuiciosamente insulsa. Pero no lo va a creer: apenas inicie la lectura, encontrará un relato apasionante y no podrá detenerse hasta el punto final. La historia del átomo (de la teoría atómica) es una epopeya de la imaginación, de la inteligencia, de la sagacidad, de la intuición y la razón. Y en definitiva: de importancia crucial en el conocimiento universal.

Gabriel Gellon, inspiradísimo, hace con esta historia un libro de divulgación científica excepcional: clarísimo, sencillísimo, y al mismo tiempo profundo, agudo y enormemente aleccionador, tachonado de observaciones y comentarios originales, capaces de dejar marcas indelebles en el lector más avezado. El relato es tan lineal que discurre con la fluidez de un cuento infantil, y le permite al autor el lujo de intercalar entre cada capítulo un interludio, una perla, una anécdota o una pequeña reflexión que ilumina el relato desde una faceta inesperada.

Un libro recomendable para jóvenes de 15 a 90 años, digno de todo aficionado o amante de la ciencia, y obligatorio para todo profesor y estudiante de química. Me parece... me parece... que Gellon se lleva el galardón al mejor libro argentino de divulgación científica que hayamos leído.

Las clases del maestro Ciruela

Escalas de pecerismo

El grado de pecerismo es una de las características personales más importantes que el propio estudiante debe conocer para modular la calidad y el esfuerzo de su tarea de aprendizaje.

Siempre pongo a disposición de mis alumnos uno o varios sencillos tests que les permiten autoevaluarse y obrar en consecuencia. El tópico ideal de estas pruebas es la física de la vida cotidiana: la ciudad, la calle, el tránsito, el funcionamiento de los artefactos... ya que ofrecen innumerables ejemplos sobre el comportamiento del universo, que aún los más legos pueden comprender o asimilar con sólo observar distraídamente. La convivencia con esos fenómenos va modelando el conocimiento intuitivo que resulta valioso para el aprendizaje.

Una pregunta típica es: cuando viajan en bondi y el colectivo frena, los pasajeros que van parados agarrados del pasamanos se inclinan

- a) hacia la parte delantera del colectivo.
- b) hacia la parte trasera del colectivo.
- c) hacia los costados del colectivo.

La mayoría de los estudiantes responde correctamente la opción a). Pero siempre hay un porcentaje que pifia. A esos les voy adelantando: jóvenes, sería ideal que de vez en cuando salgan de sus peceras y se den una vueltita por el universo.

Otro ejemplo: ¿cuándo aumento más mi peso...?

- a) después de comer 100 gr de galletitas livianas
- b) después de comer 100 gr de bizcochitos de grasa
- c) después de ingerir 100 ml de agua.

La mayoría contesta que en los tres casos por igual, pero más de uno inclina la balanza por los bizcochitos de grasa. Estos padecen un pecerismo de grado coma tres. Y su pronóstico es reservado. De todos modos -aunque sin muchas esperanzas-, les cuento que hay vida del lado de afuera de los walkman.

Mi mejor ejemplo es éste: cuando el carpintero experimentado clava un clavo con un martillo...

a) lo toma por el extremo del cabo

b) lo toma por la parte más cercana a la cabeza

c) ¿qué es el cabo?

Los que eligen b) o c) -una minoría, por suerte- están acabados... Su pecerismo es terminal, y es imposible que la intuición los guíe o los ayude en el estudio de la Física. Aunque si llegan a estudiar Relatividad o Cuántica -terrenos en los que la Física se vuelve desoladoramente antiintuitiva-... tal vez se convierta en una ventaja, quién le dice.



La Frase memorable



"La metafísica es un restaurante que ofrece un menú de treinta mil páginas pero nada de comer."

Robert Pirsig

Presionados por los grupos defensores de los derechos de los animales los fabricantes de cosméticos dejan de usar animales en sus pruebas y empiezan a usar fans de Kiss

